Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 29

Anforderungen an den Pflanzenbau in einer sich urbanisierenden Welt

60. 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

60. Jahrestagung der

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

26. bis 28. September 2017

Witzenhausen

Anforderungen an den Pflanzenbau in einer sich urbanisierenden Welt

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

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

Verlag Liddy Halm
Göttingen 2017

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: Anforderungen an den Pflanzenbau in einer sich urbanisierenden Welt

Buerkert, A., E. Hoffmann, E. Schlecht: Verstädterungsbedingte Herausforderungen an die Landwirtschaft in Asien und Afrika 1

Sylvester-Bradley, R.: What is wrong with crop productivity? – ethics and technics ... 3

Taube, F.: Resiliente Pflanzenproduktionssysteme der Zukunft 10

Dobermann, A.: Ecological intensification of agriculture: a way out of the global food versus ecology dilemma 14

Döring, T.F.: Agronomic consequences of regionalizing organic plant production ... 18

Parallelsektion Leguminosen I

Böhm, H., K. Aulrich: Ertragsleistung, Proteingehalte und -erträge und Winterhärte von Winterformen der Erbsen (*Pisum sativum* L.) im Gemenge mit Triticale 22

Neugschwandtner, R., H.-P. Kaul: Stickstofferträge und Stickstofffixierung in Weizen-Erbsen-Gemengen 24

Kling, C., H. Böhm: Ertragsleistung und Unkrautunterdrückungsvermögen von Blauen Lupinen (*Lupinus angustifolius*) im Gemenge mit ausgewählten Partnern und Saatdichten 26

Pötzsch, F., G. Lux, K. Schmidtke: Konsequenzen verringerter atmosphärischer Schwefeldepositionen auf die Schwefelversorgung und Düngung der Schmalblättrigen Lupine 28

Saucke, H., C. Dinkel, V. Schmidt: Mischanbau von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit Leindotter (*Camelina sativa* Crantz): Untersuchungen zum Konkurrenzgefüge, Beikrautunterdrückung und N-Fixierungsleistung 30

Parallelsektion Modellierung

Chen, T.-W., C. Fournier, L. Cabrera-Bosquet, C. Welcker, F. Tardieu: Dissecting genetic variability in light interception and light use efficiency in complex maize canopies links high-throughput phenotyping, field experiment and crop models .. 32

Myint S.S., D.P. Moualeu, A. Fricke, H. Stützel: Modelling leaf growth of tomatoes (*Solanum pennellii* x M-82) introgression lines under varying vapor pressure deficits and soil drying 34

Pahlmann, I., U. Böttcher, H. Kage: Entwicklung von Algorithmen zur teilflächenspezifischen N-Düngung 36

Pao, Y.-C., D.P. Moualeu-Ngangue, T.-W. Chen, H. Stützel: Modelling dynamic leaf photosynthesis based on nitrogen turnover depending on leaf age, light and nitrogen supply 38

Piepho, H.-P.: Schätzen und Testen von Merkmalskorrelationen in geplanten Versuchen mittels zufälliger Effekte 40

Parallelsektion Klima/CO_2

Dier, M., M. Erbs, P. Köhler, H.-J. Weigel, C. Zörb, R. Manderscheid: Kommt es unter einer zukünftigen erhöhten atmosphärischen CO_2 Konzentration zu einer Abnahme der Backqualität? 42

Köstner, B., T. Grünwald: CO_2-Austausch und Pflanzenproduktion eines Grünlandstandortes – ein Beitrag zum Klimaschutz? 44

Kottmann, L., T. Langkamp, K. Matschiner, S. Schittenhelm, M. Kraft, A. Jacobi: Einfluss von Hitzestress auf den Ertrag von Winterweizen 46

Dolch, C., D.P. Moualeu, J. Léon, R. Uptmoor, H. Stützel: QTL-basierte Modellierung der Blattbildung verschiedener Sommergerste-Genotypen (*Hordeum vulgare* L.) unter Trockenstress..... 48

Struck, I.J., C. Kluß, T. Reinsch, R. Loges, A. Herrmann, F. Taube: Direktsaat als alternatives Aussaatverfahren im Silomaisanbau: Einfluss auf THG-Emissionen 50

Parallelsektion Agroforst/mehrjährige Energiepflanzen

Böhm, C. M. Kanzler, J. Mirck: Einfluss von agroforstlich genutzten Gehölzstreifen auf die Begleitvegetation und die Bodennährstoffgehalte angrenzender konventionell bewirtschafteter Ackerflächen 52

Kanzler, M. C. Böhm, J. Mirck, D. Schmitt, M. Veste: Agroforstliche Nutzungsstrategien zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion im Kontext steigender Urbanisierung und den Folgen des Klimawandels..... 54

Swieter, A., M. Langhof, J. Lamerre, J.M. Greef: Vergleich der langjährigen Ackererträge eines Alley-Cropping-Agroforstsystems und einer konventionellen Ackerfläche in Norddeutschland 56

von Cossel, M., K. Steberl, J. Möhring, A. Kiesel, I. Lewandowski: Etablierungsverfahren mehrjähriger Biogas-Wildpflanzenmischungen im Vergleich: Ohne Mais geht's nicht?..... 58

Weisenburger, S., A. Jilg, W. Wurth: Dauerkulturen als Alternative zu Energiemais 60

Parallelsektion Fruchtfolge I/Dauerversuche

Rueda-Ayala, V., H. Ahrends, S. Siebert, T. Gaiser, H. Hüging, F. Ewert: Yield trends at the long-term fertilization experiment Dikopshof: importance of interactions between nutrient supply and cultivar improvement 62

Merbach, W., L. Schmidt, F. Herbst: Wirkung der Mineraldüngung auf die Boden-C- und N- Gehalte in den Hallenser Dauerdüngungsversuchen 64

Hierold, W., T.F. Döring, M. Grosse, B. Honermeier, H. Hüging, J. Schellberg, K. Schweitzer, H. Ahrends, S. Seidel: Perspektiven von Dauerfeldversuchen in Deutschland ..... *****

Möller, K., C. Seiter, H. Flaig, J. Breuer: Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat – Auswertung der langjährigen Systemversuche in Baden-Württemberg 66

Ziesemer, A.: Fruchtfolgen – ökonomisch, ökologisch und landschaftsprägend 68

Parallelsektion Anbau- und Ernteverfahren

Butz, A.F., K. Mastel: Einfluss von Bewässerung auf Ertrag und Ertragsstabilität bei neun Ackerbaukulturen..... 70

Schmidt, J.H., S. Junge, M.R. Finckh: Der Einfluss von reduzierter Bodenbearbeitung und Zwischenfrüchten auf die Unkrautsamenbank nach ökologischem Winterweizen- und Kartoffelbau 72

Junge, S., H. Schulz, C. Bruns, M.R. Finckh: Transfermulch aus Gründüngern zur Unterdrückung von *Phytophthora infestans* 74

Hoffmann, C., M. Engelhardt, M. Gallmeier, M. Gruber: Beschädigungen und Lagerungsverluste von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Erntetechnik 76

Koch, H.-J., K. Trimpler, N. Stockisch: Einfluss von Anbauhäufigkeit und Vorfrucht auf den Ertrag von Zuckerrüben – Ergebnisse aus Betriebsbefragung und Systemversuch Fruchtfolge des IfZ 78

Parallelsektion Remote Sensing

Federolf, C.-P., M. Westerschulte, H.-W. Olfs, D. Trautz: Abschätzung der Pflanzenvitalität in Maisfeldversuchen mit dem Red Edge Inflection Point..... 80

Kirschner, C., A. Fricke, H. Stützel: Prognose des Erntezeitpunktes für Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene 82

Lingner, A., K. Dittert: Remote sensing of productivity and water use in legume-based mixed cropping systems 84

Möckel, T., T. Fricke, M. Wachendorf: Abschätzung der raumzeitlichen Verteilung von Grünlandbiomasse in einem Weidenmanagementsystem mittels mobiler Ultraschall- und Hyperspektraler Sensoren 86

Kögler, F., D. Söffker: Frequency analysis of leaf temperature oscillations: 88

Parallelsektion Nachwachsende Rohstoffe

Gauder, M., P. Weinmann, S. Marhan, W. Claupein: Das Regenwurmvorkommen in mehrjährigen und einjährigen Energiepflanzen in einem Feldversuch 90

Hey, K., R. Rauber: Humuswirksamkeit verschiedener Energiepflanzen 92

Scheliga, M., J. Petersen: Einfluss des Anbauverfahrens auf den Biomasse- und Faserertrag der Schönmalve (*Abutilon theophrasti* Medik.) 94

Hehmann, D., G. Völkering, T. Kraska, R. Pude: Entwicklung von Torfersatzstoffen auf der Basis von Nachwachsenden Rohstoffen 96

Thiemann, F., A. Hermanns, G. Völkering, R. Pude: Miscanthus, Topinambur und Durchwachsene Silphie als Leichtzuschlagsstoff in Wärmedämmputz 98

Parallelsektion Fruchtfolge II/Düngung

Macholdt, J. B. Honermeier: Einfluss von Fruchtfolgesystemen auf die Ertragsstabilität von Winterweizen bei variierter Stickstoffdüngung 100

Radke, M., I. Pahlmann, H. Kage: Verbesserter N-Transfer in Fruchtfolgen: Effekte von Zwischenfrucht und angepasster Fruchtfolge 102

Rothardt, S., I. Pahlmann, H. Kage: Substratinduzierte Stickstoff-Immobilisierung: Möglichkeit zur Verringerung der N-Verluste nach Ackerbohne und Winterraps 104

Stumpf, B., F. Yan, B. Honermeier: Einfluss einer variierenden N-Düngung auf Korninhaltsstoffe, Ertragsstruktur und Pflanzenentwicklung von Winterweizen (*T. aestivum* ssp. *aestivum*)..... 106

Pasda, G. *et al*.: A novel combination of urease inhibitors and its formulation with better performance concerning biology, handling, transport and storage compared to existing products..... 108

Parallelsektion Leguminosen II/Futterbau

Malisch, C., T. Reinsch, I. Bunne, C. Kluß, R. Loges, A. Herrmann, F. Taube: Kohlenstoffsequestrierungsleistung von Futterbausystemen 110

Streit, J., C. Meinen, R. Rauber: Oberirdische Biomasse und Wurzelverteilung verschiedener Weißklee-Genotypen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras und Zichorie 112

Urbatzka, P., A. Rehm, T. Eckl, G. Salzeder: Einfluss der Futterleguminosenart und der Saatzeit auf Ertrag und Qualität einzelner Schnitte im ökologischen Landbau 114

Paeßens, B., A.F. Butz, P. Urbatzka: Schätzung der N_2-Fixierungsleistung von Sojabohnen in Süddeutschland 116

Raupp, J., A.F. Butz: Einfluss der Aussaatstärke von Soja auf Bestandes- und Ertragsparameter 118

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Rezaei, E.E., S. Siebert, F. Ewert: Climate management interactions affect the long term trend of crop phenology 120

Kremer, P.: Die Zuckerrübe im Klimawandel – Analyse agrarökologischer Auswirkungen in Südwestdeutschland 124

Kühling, I.: Nachhaltige landwirtschaftliche Nutzungsstrategien für den Westsibirischen Getreidegürtel 128

Roß, C.-L., K. Sensel-Gunke, V. Wilken, K. Nielsen, F. Ellmer: Einsatz von kompostierten Gärprodukten aus Bioabfällen 132

Schoo, B., S. Schittenhelm, H. Kage: Die Durchwachsene Silphie – Eine Energiepflanze der Zukunft? 136

Postersektion 1: Leguminosen I

Elsalahy, H., T.F. Döring: Effect of mixing Black medic and Alsike clover at different seed densities and proportions 140

Höppner, F., J. Fischer, H. Böhm: Saatzeitdifferenzierung von Stangenbohnen beim Gemengeanbau mit Mais 142

Hupe, A., H. Schulz, R.G. Joergensen, J. Heß, F. Wichern: Die Bedeutung verschiedener Stickstofftransferpfade im Erbsen-Getreide-Gemenge 144

Landgraf, A., K. Schmidtke: Beziehung zwischen der N-Rhizodeposition und verschiedenen Wachstumsparametern 146

Lorenz, H., R. Loges, C. Kluß, F. Taube: Der Effekt von Bestandeszusammensetzung und Nutzungsfrequenz auf Ertragsleistung und Zuwachsraten von Kleegrasbeständen 148

Meinen, C., R. Rauber: Ober- und unterirdische Biomasse in additiven und substitutiven Erbsen-Hafer-Gemengen 150

Ostermaier, M., I. Jacob, P. Urbatzka: Anbau der Blauen Lupine im Vergleich zur Futtererbse unter bayerischen Standortbedingungen 152

Pötzsch, F., G. Lux, K. Schmidtke: Pflanzenbauliche Strategien zur Optimierung des Feldaufganges und der Ertragsleistung von Öko-Gemüsespeiseerbsen 154

Riemer, N., M. Schieler, B. Kleinhenz, P. Racca, M. Hammer-Weiss, C. Clemenz, K. Schwabe, U. Müller, H. Saucke: Räumliche Analyse des Befallsrisikos durch den Erbsenwickler (*Cydia nigricana*) in Gemüse- und Körnererbsen ..... *****

Ostermayr, A., A. Winterling, I. Jacob, P. Urbatzka: Vorfruchtwirkungen von unterschiedlichen Leguminosenarten auf legume Hauptfrüchte unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus 156

Postersektion 2: Düngung/Nährstoffe

Anee, S.A., D.P. Moualeu-Ngangue, H. Stützel: Effect of nitrogen on photosynthetic parameters of six cucumber genotypes under two different light exposure conditions 158

Eißner, F. et al.: Erste Erfahrungen zur Harnstoff-Einarbeitung im Side-Dressing-Verfahren im Projekt STAPLARES am Standort Bernburg-Strenzfeld... 160

Halim, F.R., D.P. Moualeu, H. Stützel: Effect of Nitrogen and Genotype-Environment Interaction on Cucumber Morphological Traits 162

Kamp, L., B. Mast, A. Übelhör, W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Einfluss von Stickstoffdüngung auf Wachstumsverlauf, Entwicklung und Ertrag von Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)..... 164

Kern, D., F. Yan, M. Macholdt, B. Honermeier: Gärrestausbringung in Mais und Winterweizen mit unterschiedlichen Applikationstechniken..... 166

Klussmann, J., B. Honermeier, L. Linnemann: Backvolumen und indirekte Qualitätsparameter von Winterweizen bei reduzierter Stickstoff-Düngung 168

Stotter, M., M. Hamer, G. Völkering, R. Pude: Eigenschaften eines streufähigen Substrates bestehend aus flüssigen Wirtschaftsdüngern und Miscanthus 170

Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, J. Macholdt, B. Honermeier: Effect of different pre-crops and crop rotations on NO_3-N and Nt content in the soil and on plant parameters of winter rye in the long-term field experiment "BSG" Giessen..... 172

Zacher, A., C. Baum, F. de Mol, K.J. Dehmer, B. Gerowitt: Wirkung der Vergesellschaftung von Mais mit Unkräutern auf die P-Mobilisierung im Boden im Gefäßversuch..... 174

Zicker, T., S. v. Tucher, B. Eichler-Löbermann: Effekte verschiedener Phosphordüngestrategien auf Pflanzen- und Bodenparameter in zwei Langzeitfeldversuchen..... 176

Postersektion 3: Getreide/Fruchtfolge

Fuchs, P., S. Zahn, B. Koblenz, O. Christen: Diversität unterirdischer Biomasse von Sommergerstengenotypen unter Einfluss von *Gaeumannomyces graminis var. tritici* 178

Grosse, M., W. Hierold: Dauerfeldversuche in Deutschland – Ergebnisse einer Metastudie 180

Kirschke, T., B. Koblenz, O. Christen: Beeinflussung des Wurzelwachstums bei Wechselweizen (*Triticum aestivum* L.) durch biologisch aktive Substanzen – Ein innovativer Lösungsansatz zur Verbesserung der N-Effizienz? 182

Macholdt, J., B. Honermeier: Importance of yield stability in winter wheat production: a survey of German farmers and advisors' views 184

Stein, S., H.-H. Steinmann: Qualitative und quantitative Aspekte bei der Typisierung von Fruchtfolgen ..... *****

Urbatzka, P., K. Cais: Einfluss des Entspelzens bei Dinkel unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus..... 186

Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, J. Macholdt, B. Honermeier: Response of hybrid wheat varieties to different sowing time..... 188

Weedon, O., S. Heinrich, J. Schmidt, A.V. Vijaya Bhaskar, M.R. Finckh: Anpassung und Eignung von Composite Cross Winterweizen-Populationen und anderen Phänotypen auf unterschiedliche N-Versorgungsniveaus 190

Wiskott, T., I. Kühling, D. Trautz: Einflüsse des Gemengeanbaus auf die Braugerstenqualität im ökologischen Landbau 192

Zahn, S., B. Koblenz, K. Pillen, O. Christen: Bewertung von Wildtyp Introgressionen bei Sommergerste 194

Postersektion 4: Remote Sensing/Lichteffekte

Adio, A., H. Stützel, A. Fricke: Genetic Variation in winter wheat canopy structure 196

Bukowiecki, J., T. Rose, A. Ratjen, H. Kage: Bestimmung von Bestandesparametern mittels UAV-gewonnenen Multispektraldaten 198

Schulze-Brüninghoff, D., F. Hensgen, T. Möckel, M. Wachendorf: Fernerkundliche Abschätzung der Biomasse von *Lupinus polyphyllus* invadierten Bergmähwiesen im Biosphärenreservat Rhön unter Nutzung eines terrestrischen 3D Lasers 200

März, B.-M., G. Völkering, R. Pude: Sensortechnische Erfassung der induzierten Abreife von *Miscanthus x giganteus* unter Berücksichtigung natürlicher Einflussfaktoren 202

Rose, T., H. Kage: Bestimmung von Bestandesparametern durch Mehrwinkel-Transmissionsmessungen: Möglichkeiten, Limitierungen und Ansätze zu deren Überwindung 204

Solbach, J.A., M. Nickel, A. Medini, A. Fricke, H. Stützel: Light quality and dose interactions of distinct peak wavelengths by light emitting diode (LED) lighting on biomass partitioning and photomorphological traits at different growth stages of Chinese cabbage transplants and basil grown in peat substitutes under greenhouse conditions 206

Tewes, A., J. Schellberg: Remote green LAI estimation in maize using UAV-based low-cost camera imagery 208

Wagner, C., H. Stützel: Dreidimensionale Erfassung von Winterweizenbeständen mittels photogrammetrischer Verfahren zur Ermittlung morphologischer Bestandesparameter 210

Friederitzi, J.: Intercropping Maize and African Nightshade – Light interception and dry matter production 211

Nickels, M., A. Medini, J.A. Solbach, A. Fricke, H. Stützel: Einfluss der Lichtqualität auf die Photosynthese und Blattoberflächeneigenschaften von Chinakohljungpflanzen und Basilikum-Topfkräuterproduktion ..... *****

Postersektion 5: Klima + CO_2/Leguminosen II

Dier, M., J. Sickora, M. Erbs, H.-J. Weigel, R. Manderscheid: Wechselwirkung von Free Air CO_2 Enrichment (FACE) und N-Düngung auf die Ertragsbildung von Winterweizen 213

Rezaei, E.E., S. Siebert, R. Manderscheid, J. Müller, A. Mahrookashani, B. Ehrenpfordt, J. Haensch, H.J. Weigel, F. Ewert: Impact of the experimental setup on wheat response to heat stress 215

Köstner, B., U. Bergfeld, J. Möller, T. Müller, E. Müller: Bildungsmodule zur Anpassung an den Klimawandel für die landwirtschaftliche Fachschulausbildung 217

Mehdi, B., R. Ludwig, B. Lehner, H.-P. Kaul: Zukünftige Nährstoffausträge aus landwirtschaftlichen Flächen für das Altmühl-Einzugsgebiet 219

Schwarz, C., B. Honermeier: Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf die Emission von CO_2, N_2O und CH_4 221

Paeßens, B., A.F. Butz: Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und von unterschiedlichen Herbizidstrategien auf den Kornertrag und die Verunkrautung bei Sojabohnen 223

Petersen, J.: Einfluss der Wasserversorgung während der Sojabohnenblüte auf die Ertragsstruktur und den Kornertrag verschiedener *Glycine max* [L.] Merr. Sorten 225

Pils, M., D. Trautz, I. Kühling: Einfluss der Bewirtschaftungsform auf Hülsenansatz und Pflanzenhöhe von Sojabohnensorten und deren Effekt auf Mähdruschverluste 227

Sobko, O., S. Gruber, S. Zikeli, W. Claupein: Einfluss der Aussaatstärke auf Ertrag, Qualität und agronomische Eigenschaften konventionell angebauter Sojabohnen (*Glycine max* L. Merril) 229

Urbatzka, P., S. Kimmelmann, F. Jobst: Einfluss des Reihenabstandes und des Saatzeitpunktes bei Öko-Soja auf Ertrag und Qualität 231

Postersektion 6: NaWaRo/Agroforst

Graß, R., M. Wachendorf: Methanausbeute von Mais-Stangenbohnengemengen bei unterschiedlicher Vorbehandlung (frisch, siliert, getrocknet) 233

Grunwald, D., K. Panten, W.-A. Bischoff, S. Schittenhelm: Vergleich verschiedener Energiepflanzen hinsichtlich des Boden- und Wasserschutzes 235

Joseph, B., F. Hensgen, L. Bühle, M. Wachendorf: Solid Fuel Generation using Grassland Sources at a Commercial Scale Plant 237

Mangold, A., I. Lewandowski, A. Kiesel: Neue Miscanthus-Genotypen für eine umweltverträglichere Biogasproduktion 239

Höller, M., F. Thiemann, K. Höller, G. Völkering, R. Pude: Die Eignung von *Silphium perfoliatum* und *Sida hermaphrodita* als Leichtbaustoff 241

Malec, S., R. Graß, M. Wachendorf: Auswirkungen unterschiedlicher Managementstrategien auf Ertrag und Bestandszusammensetzung des Grünlands in einem silvopastoralen Agroforstsystem 243

Schulz, V.S., S. Weisenburger, S. Munz, W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Effekte von Schatten in einem silvoarablen Agroforstsystem auf Entwicklung und Ertrag zweier Wintergetreide (Wintergerste und Winterweizen) mit unterschiedlicher Nutzungsrichtung 245

Winterling, A., H. Borchert, K. Wiesinger: Erträge landwirtschaftlicher Feldfrüchte in einem Agroforstsystem zur Energieholzgewinnung im ersten Umtrieb im ökologischen Landbau 247

Pointner, F., L. Chmelíková: Wuchsleistung von Pappel Max 3 und Weide Inger im zweiten Umtrieb eines Agroforstsystems 249

Postersektion 7: Blattfrüchte

Gruber, S., S. Zikeli, S. Karg, A. Diederichsen, W. Claupein: Was tun für ein Comeback von Öllein (*Linum usitatissimum*) im Ökologischen Landbau? 251

Hoffmann, C.: Einfluss des Ertragsniveaus auf die Morphologie der Rübe 253

Hoffmann, C., M. Engelhardt, M. Gallmeier, M. Gruber: Erntequalität von Zuckerrüben - Bedeutung von Standort, Sorte und Abreinigungsintensität..... 255

Junge, S., H. Saucke, M.R. Finckh: Reduktion der Kartoffelkäferpopulation durch Minimalbodenbearbeitung und Transfermulch 257

Nowakowski, M., P. Skonieczek, L. Matyka, M. Zurek: Biomasseertrag und Wirkung von acht Senfgenotypen auf die Populationsentwicklung von Rübenzystennematoden 259

Salama, H.S.A., M.M. Zeid: The potential of fodder beet as a winter forage crop under the Egyptian agricultural system 261

Schwabe, S., S. Gruber, W. Claupein: Eignung von Hacken zur Unkrautkontrolle in Raps 263

Skonieczek, P., M. Nowakowski, M. Zurek, L. Matyka: Resistance of selected sugar beet genotypes to infection by *Rhizoctonia solani* AG 4..... 265

Lux, G., K. Schmidtke: Platzierte Düngung von Biogasgülle und Leguminosen-Pellets in ökologisch angebautem Winterraps..... 267

Wacker, K., M. Kavka, K.J. Dehmer, B. Eichler-Löbermann, R. Uptmoor: Unterschiede in der Phosphoreffizienz und Phosphoraneignung verschiedener *Solanum tuberosum* L. Genotypen aus *in vitro* und Knollen-Kultur 269

Postersektion 8: Sonderkulturen/Freie Themen

Gauder, M., H. Hagel, N. Gollmann, J. Stängle, R. Doluschitz, W. Claupein: Selbsterntegärten in Deutschland: was bewegt Anbieter und Nutzer zum Mitmachen? 271

Göbel, K., L. Hartert, B. Honermeier: Blatterträge und phänotypische Charakterisierung eines Sortimentes unterschiedlicher Minze-Arten und -Akzessionen .. 273

Ketter, N.C., J.M. Wesonga, H. Stützel: Determination of crop coefficients, Kc, of African nightshade (*Solanum scabrum*) and spider plant (*Cleome gynandra*) ... 275

Medini, A., M. Nickels, J.A. Solbach, A. Fricke, H. Stützel: Einfluss des Substrates auf die Morphologie und den Ertrag in der Chinakohl-Jungpflanzenanzucht und Basilikum-Topfkräuterproduktion 277

Nezami, S., S.H. Nemati, H. Arouiee, M. Kafi: Evaluation of Combining ability analysis of yield in tomato 279

Nyamekye, D.R., H. Stützel, A. Fricke, U. Grote: Root growth of *Brassica oleracea* in subsurface drip fertigation system 281

Autorenverzeichnis……..283

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 1–2 (2017)

Verstädterungsbedingte Herausforderungen an die Landwirtschaft in Asien und Afrika

Andreas Buerkert[1], Ellen Hoffmann[1] und Eva Schlecht[2]

[1] Ökologischer Pflanzenbau und Agrarökosystemforschung in den Tropen und Subtropen, Universität Kassel, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen.
[2] Animal Husbandry in the Tropics and Subtropics, Universität Kassel und Georg-August-Universität Göttingen, Steinstr. 19, 37213 Witzenhausen.
E-Mail: *buerkert@uni-kassel.de*

Zusammenfassung

Bevölkerungswachstum, globale und regionale Klimaverschiebungen, und Änderungen im Konsumverhalten setzen die weltweite Nahrungsproduktion in Asien ebenso unter Druck wie weitverbreitete Bodendegradation, Kriege und Abwanderung von marginalen Standorten in Afrika. Deutlich verstärkt werden diese Faktoren durch eine rasch voranschreitende Verstädterung und nationale und internationale Forderungen nach zusätzlichen Ökosystemdienstleistungen agrarisch genutzter Standorte zu geringstmöglichen Kosten.

Seit 1960 stieg die Weltbevölkerung von 3 Mrd. auf 7.5 Mrd. Menschen, was trotz starker Flächenausdehnung auf Grenzstandorte zu einer Verringerung der pro Kopf verfügbaren Ackerfläche von 0.37 ha (1961) auf 0.20 ha (2013) führte. Während 1950 noch 30% der Weltbevölkerung in Städten lebte, liegt dieser Anteil derzeit bei 54% und wird 2050 voraussichtlich 66% betragen (Anonymous, 2014; World Bank, 2017). Die Zunahme der städtischen Bevölkerung wird ihren voraussichtlichen Höhepunkt mit jährlichen 1,8% in 2020 erreichen und danach bis 2030 auf 1,4% fallen. Bis dahin ist mit einem Verlust von insgesamt 1,8-2,4% der aktuellen Weltackerfläche vor allem in den landwirtschaftlich meist hoch produktiven Ballungszentren zu rechnen, von dem 80% in Asien (18 Mio ha, davon alleine in China 7,6 Mio ha) und Afrika (6 Mio ha) liegen werden (d'Amour et al., 2016, WHO, 2017).

Diese Landnutzungsänderung führt auch im ländlichen Bereich zu einer weiterhin steigenden Intensivierung, die sich in einer zunehmenden Anwendung von Mineraldüngern in der konventionellen Landwirtschaft bei gleichzeitigem Wachstum von Flächen unter ökologischer Bewirtschaftung widerspiegeln wird (Dichotomie der Landnutzung). In den letzten Jahren zeigten sich im intensiven Reis- und Weizenanbau weltweit rückläufige Ertragssteigerungen, die zumindest teilweise auf intensitätsbedingte Veränderungen in der bodenbürtigen Nährstoffverfügbarkeit zurückgeführt wurden. Sie ließen Zweifel an der Wirksamkeit weiterer Intensivierungsmaßnahmen bei diesen Getreidearten aufkommen (Ray et al., 2012). Der Nassreisanbau im Umfeld von Städten geht in Folge der Konkurrenz um Wasser aktuell auch flächenmäßig deutlich zurück.

Ein noch bedeutenderer Treiber für die Intensivierung der Landnutzung als die bevölkerungswachstumsabhängigen Nachfragesteigerungen bei Nahrungsmitteln, Tierfutter, Faserstoffen und Biotreibstoffen sind Änderungen in den Ernährungsgewohnheiten weiter Bevölkerungskreise. Insbesondere in asiatischen Ballungszentren steigt der Bedarf an tierischen Produkten (Fleisch und Milch). Die hohe Nachfrage nach Milchprodukten einer rasch wachsenden städtischen Mittelschicht machte Indien mit 68,5 Mio Rindern (2017) zum Land mit der weltweit größten Wiederkäuerzahl (IndexMundi, 2017). Diese "Tierische Revolution" führte dazu, dass inzwischen 85% der globalen Maisproduktion von 1,02 Mrd. t (2013) und 30% der Weltweizenernte von 716 Mio. t (2013) in die tierische Veredelung oder die Industrieproduktion gehen (FAOSTAT, 2016). Die Futternutzung von Getreide und die damit einhergehenden Verluste in der Kalorienbereitstellung, verstärkt durch Umwandlungsverluste bei der Herstellung von Halb- und Fertiggerichten ("Convenience Food"), führt zu einer zusätzlichen Belastung intensiv bewirtschafteter Agrarökosysteme. Dies verstärkt zusätzlich den landwirtschaftlichen Nutzungsdruck auf bisher eher extensiv genutzte Ökosysteme wie boreale und tropische Wälder, Torfböden und Feuchtgebiete mit ihrem hohen Emissionspotential für klimarelevante Gase (McGuire et al., 2006, Manderscheid et al., 2009). Dies führt zur Einschränkung vielfältiger Ökosystemdienstleistungen, insbesondere zu Störungen hydrologischer Kreisläufe und dem Verlust tierischer und pflanzlicher Biodiversität. Gerade letzterer wird von städtischen Bevölkerungsgruppen zunehmend beklagt.

Rückblickend wird klar, warum die "Grüne Revolution" trotz vielfältiger Bemühungen auf dem afrikanischen Kontinent relativ erfolglos blieb. Die Übernahme markt-orientierter, input-

intensiver Innovationspakete wurde durch die überwiegend stark verwitterten, nährstoff- und kohlenstoffarmen Böden Afrikas, die weite Verbreitung von Grenzstandorten, eine im Gegensatz zu Asien viel schlechter entwickelte Verkehrsinfrastruktur, die vergleichsweise geringe städtische Nachfrage nach Nahrungsmitteln und geringes außerlandwirtschaftliches Einkommen ländlicher Haushalte begrenzt (Buerkert und Schlecht, 2013).

In den letzten Jahren wurde zunehmend deutlich, welche Bedeutung der menschengemachte Klimawandel für neue Produktionsmöglichkeiten und -risiken in der Landwirtschaft hat. Schlagworte wie “Climate Smart Agriculture” verkennen die Tatsache, dass Landwirte seit jeher gezwungen waren, sich klimatischen Unwägbarkeiten bestmöglich anzupassen. Neu ist jedoch der Grad der Unvorhersehbarkeit von Wetterereignissen und deren Schwere sowie die Etablierung von Klimatrends, die die landwirtschaftliche Produktion positiv oder negativ beeinflussen können. Dazu gehören verkürzte Winter, die bei höherer CO_2-Konzentration zu einer Steigerung der Pflanzenerträge führen können (Manderscheid et al., 2009; McGrath und Lobell, 2013), aber auch eine Verringerung der für den Obstbau wichtigen Froststunden in gemäßigten Klimaten (Luedeling et al., 2009) und die Zunahme von Dürren in den (Sub-) Tropen, insbesondere in Afrika (Masih et al., 2014). Dies hat unmittelbare Auswirkungen auf die Versorgungssicherheit von Ballungszentren, deren Einbindung als komplexe sozial-ökologischen Systeme (Ostrom, 2014; Cumming et al., 2014) in die regionale und globale Vernetzung der Nahrungsmittelströme zunehmend an Bedeutung gewinnt.

Referenzen

Anonymous. 2014. World Urbanization Prospects. Department of Economic and Social Affairs, Population Division, United Nations. New York, NY, USA. ISBN 978-92-1-151517-6. 32p.

d’Amour, C.B., Reitsma, F., Baiocchi, G., Barthel, S., Güneralp, B. Erb, K.-H., Haberl, H., Creutzig, F., and Seto, K.C. 2016. Future urban land expansion and implications for global croplands. Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS) 1606036114v1-201606036. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1606036114

Buerkert, A. and Schlecht, E. 2013. Agricultural innovations in small-scale farming systems of Sudano-Sahelian West Africa: some prerequisites for success. Secheresse 24, 322-329.

Cumming, G.S., Buerkert, A., Hoffmann, E.M., Schlecht, E., von Cramon-Taubadel, S. and Tscharntke, T. 2014. Implications of agricultural transitions and urbanization for ecosystem services. Nature 515, 50-57.

FAOSTAT. 2016. Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy. http://www.fao.org/faostat/en

IndexMundi. 2017. http://www.indexmundi.com/agriculture/?commodity=cattle.

Luedeling, E., Gebauer, J. and Buerkert, A. 2009. Climate change effects on winter chill for tree crops with chilling requirements on the Arabian Peninsula. Climatic Change 96 (1-2), 219-237.

Manderscheid, R., Pacholski, A., Frühauf, C. and Weigel, H.-J. 2009. Effects of free air carbon dioxide enrichment and nitrogen supply on growth and yield of winter barley cultivated in a crop rotation. Field Crops Research 110, 185-196.

Masih, I., Maskey, S., Mussá, F. E. F. and Trambauer, P. 2014. A review of droughts on the African continent: a geospatial and long-term perspective. Hydrology and Earth System Sciences 18, 3635-3649.

McGrath and Lobell, 2013. Environmental Research Letters 8, 014054.

McGuire, A. D., Chapin III, F. S., Walsh, J. E. and Wirth, C. 2006. Integrated regional changes in Arctic climate feedbacks: implications for the global climate system. Annual Review of Environment and Resources 31, 61–91.

Ostrom, E. 2009. A general framework for analyzing sustainability of social-ecological systems. Science 325, 419.

Ray, D.K., Ramankutty, N., Mueller, N.D., West, P.C. and Foley, J.A. 2012. Recent patterns of crop yield growth and stagnation. Nature Communications 3, 1293. http://dx.doi.org/10.1038/ncomms2296.

World Bank. 2017. The World Bank, Washington, DC, USA. http://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.ARBL.HA.PC

World Health Organization (WHO). 2017. http://www.who.int/gho/urban_health/situation_trends/urban_population_growth_text/en/

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 3–9 (2017)

What is wrong with crop productivity? – ethics and technics

Roger Sylvester-Bradley

ADAS Boxworth, Cambridge, CB23 4NN UK.; E-Mail: *roger.sylvester-bradley@adas.co.uk*

Abstract

Agronomists in an urbanising world have many responsibilities and much still to do to achieve adequate and sustainable crop productivity. So we urgently need to make our agronōmic principles and practices more effective.

Ethics of productivity

As agronomists, our task is to ensure that crop production enables sustained human fulfilment and development. Our main aim must be 'Sustainable Crop Productivity'. Yet often, in my view incorrectly, the words 'sustainable' and 'productivity' as they concern crops, are regarded as irreconcilable, so this paper seeks to dispel that paradox.

Intensification of crop production is commonly said to cause unsustainable outcomes: loss of biodiversity, soil degradation and erosion, nutrient and agro-chemical pollution, water shortage, and indirectly, climate change (e.g. Tilman *et al*., 2011; Krausmann et al., 2013). In response to evident unsustainable aspects of the current human state there is a school of thought that sustainability will best arise by reverting to a past human state, with a smaller population, a less technical lifestyle, less leisure, more physical labour, fewer global inter-dependencies, less wealth, and slower progress (Waters, 1995). I do not subscribe to this philosophy. Whilst I agree that our current state is flawed, I believe that it is generally improving, and that we stand to achieve comprehensive human fulfilment faster through striving for progress through discovery and creativity, than through retrospective mimicry i.e. I am an optimist.

Aspirations for an ever more fulfilling human lifestyle generally involve urbanisation, which depends upon ample supplies of economically-cheap and therefore plentiful food, fuel and fibre. Global urbanisation over almost 200 years has been accompanied by a steady decline in real food prices (Koning & van Ittersum, 2009), but, as population growth accelerates, low prices may not be sustained. Also, additional crop uses may emerge; for example, to capture (and sequester) atmospheric carbon, so to stabilise and reverse current global climate changes (Newton-Cross & Gammer, 2016).

Land area is finite so that used for cropping is at the expense of land for nature, living and leisure. In an ever more populous world, without further land conversion, crop plenty will depend on (i) reducing population, (ii) reducing diets, (iii) reducing waste and / or (iv) enhancing yields. Crop yield is the option most commonly favoured by governments (Beddington *et al*., 2011) but it is proving challenging technically; despite significant genetic progress, cereal yields are static in many regions (Lin & Huybers, 2012), and they are insufficiently understood to be sure of why (e.g. Petersen *et al*., 2010). We urgently need to review the prospects for progress.

Principles of productivity

Let us consider the science and state of cropping as it stands. Crops are autotrophic; that is their beauty and their value. They use photosynthesis to convert solar energy into edible (or combustible) energy, largely as carbohydrate, from carbon dioxide and water, enabled by just 13 other 'nutrient' elements. In addition to energy, crops can provide all the essential nutrients and all vitamins (other than B12) for human life. Even soil is inessential; tomato crops grown hydroponically in NW Europe can yield 28 t/ha per year of edible biomass (i.e. 430 tonnes of fresh tomatoes per hectare!). Aquatic crops also grow without soil (although they are less easily managed).

So, as agronomists we are in the energy business; we understand the performance of our crops through incident solar energy levels, and their successes in capturing and converting these (Monteith, 1977). The process is essentially benign, and there is much scope for its enhancement (see papers in Sylvester-Bradley & Wiseman, 2005). Possibly the least benign aspect is that the photosynthetic process requires transpiration of water to dissipate the non-photosynthetic solar energy intercepted, so in dry environments with high levels of solar radiation, crop performance is more commonly explained in terms of water (availability, capture and conversion; French & Schultz, 1984) than by light energy, and crop water use may compete with other public or ecosystem water needs.

However, photosynthesis is inefficient; common levels of incident solar energy saturate the photosynthetic capacity of single leaves so, as with most other ecosystems, crop leaf canopies have green areas exceeding their land area by up to seven-fold. Thus incident energy is shared across green surfaces and their saturation is minimised. Nevertheless energy conversion by green canopies is universally poor; less than 1% of solar energy receipts is converted, and one hectare of an average modern crop can only provide the energy requirements for about 15 people, and many fewer if those people choose to drink milk and eat meat.

Photosynthetic machinery consists of much protein; along with other elements essential for leaf function, crop canopies must hold 150-200 kg nitrogen per hectare, mainly in the form of protein. Unfortunately the species providing most easily harvested foodstuffs, whether as starch, oils and proteins, are annuals which must be re-sown after each harvest and their canopies re-grown; thus, in contrast to perennials, nutrients in canopies of sustainable arable species must be re-cycled between successive crops; if they are not, leakages can occur.

The inefficiency of photosynthesis dictates that our cropped area must be large and that farmers must be geographically dispersed. Recent failures of 'vertical farms' (Hardej, 2017) should not surprise anyone interested in harvesting solar energy; their small energy receipts are insufficient for commercially viable conversion to food. The essential extensive nature of cropping has economic, sociological, ecological and even educational repercussions and it is fundamental to agronomy that greater land productivity has the potential to mitigate these:

- Supplies of water and nutrients must be widespread hence provided cheaply. Soil provides the easiest and cheapest medium for crop growth, in that it stores both water and nutrients in available forms. Lakes and seas are feasible media but are less easily accessed and managed. However, soils store water and nutrients imperfectly; droughts and deficiencies occur whilst surpluses can cause unwanted

flooding and pollution. So soil knowledge is crucial to efficient agronomy and 'soil health' is crucial to sustainable crop productivity.

- Extensive crops and cultivated soils provide accessible substrates for unwanted 'opportunist' species, which thus become weeds, pests or pathogens. Many of the technologies of cropping are designed to disadvantage unwanted species.
- The greater the area that each farmer cultivates, the more productive s/he can be. However, since farm expansion and soil diversity tend to correlate, expansion tends to complicate management, compromise its optimisation and inhibit innovation.
- Farmers (especially of large farms) tend to be more isolated from each other; with consequences for the ease of communication, interchange and learning.
- Farmers tend to be separated from their markets and especially their end users. Also farm produce is bulky and must be transported, sometimes long distances. Hence many farm products are treated as commodities which cannot be traced to their origins, and of which end-use quality cannot be attributed to cultural actions.

Huge progress in crop productivity has been made through the past half century, and huge scope for further progress remains (Sylvester-Bradley & Wiseman, 2005). Yet the responsibilities and technologies of agronomy still offer many opportunities for further innovation, to enhance productivity further, whilst also achieving sustainability.

Farming technologies to enhance sustainable crop productivity

Based on parameters for capture and conversion of energy or water already observed, Sylvester-Bradley *et al.* (2005) estimated potential for doubling yields of annual cereals in NW Europe. Proposed changes were (i) increased photosynthetic efficiency, hence conversion of radiation and water, (ii) a prolonged life-cycle, to favour ear formation and grain filling, with concomitantly fore-shortened vegetative development, giving a greater harvest index, (iii) sturdier stems, and (iv) culm leaves with a longer lifespan. In addition, in order to provide the necessary soil resources (v) roots must allow deeper water acquisition in summer, and (vi) better recovery of soil nitrogen (N), and (vii) canopy N must be more efficiently redistributed to the maturing grain. None of these target traits appears to have inherent adverse external side effects; however, the farming technologies most likely to be required (Table 1) may not be entirely benign.

Table 1. *Summary of farming technologies, crop traits and processes involved in meeting targets for enhanced productivity of cereal crops after Sylvester-Bradley (2010). Traits in* ***bold*** *hold most promise.*

Target trait	**Technology**			
	Biotechnology & plant breeding	**Chemistry**	**Engineering & IT**	**Farm system design & management**
Life cycle adaptation	**Daylength & temp. responses; frost tolerance.**	Growth regulators & desiccants	Cultivators and drills; Harvesters	Sowing logistics.
Nutrient release and capture	Rooting & nutrient assimilation	**Fertiliser & manure formulation.**	**Soil, seed and foliar targeting.**	Rotation design; cover crops, sowing methods.

Target trait	Technology			
	Biotechnology & plant breeding	**Chemistry**	**Engineering & IT**	**Farm system design & management**
Water capture	Rooting.	Growth regulators	**Drainage, cultivations, & irrigation**	**Rain harvesting & water storage**
Longer green canopy lifespan	**Leaf no. & life-span. Low protein storage.**	**Prolonged nutrition & protection**	Fast harvesters	Rotation design to accommodate later harvests
Better photosynthesis & water conversion	**Canopy structure, sink capacity, C4 metabolism, CO_2 pumps.**	Anti-transpirants	Irrigation design and delivery	Wind management.
Nutrient conversion	**Nutrient storage in canopies & propagules.**		Haulm management.	**End-use processing & marketing.**
Lodging resistance	Shortness, stem material strength	Growth regulation.	Soil surface strength.	Rotation, seed rate and sowing date.
Weed control	Competitiveness, herbicide resistance & tolerance. Bio-suppressants.	**Herbicides**	Real-time sensing, mechanical control and cultivations.	Rotations, seed rate and sowing date.
Disease control	**Resistance to & tolerance of pathogens.**	**Fungicides**	Sensing, monitoring & forecasting	Rotations, crop choice.
Pest control	Resistance, push-pull.	**Pesticides**	Cultivations, monitoring & forecasting	Rotations, farm habitat design.
Waste minimisation by harvest efficiency.	Synchrony of ripening; anti-shattering.	Seed sticking products	**Harvesters & harvest logistics.**	Rotations.

From their nature and extent many improvements must clearly be genetically mediated. However it is also clear that other concurrent enabling innovations will often be essential, from system logistics, agro-chemistry, mechanisation, processing for end use, and possibly also through regulatory policies. Thus some design of trait combinations and orchestration of technologies will be important.

Technologies to hasten agronomic insight and progress

Agronomy is an applied science; progress must have human value irrespective of the novelty and fascination of any innovation. Agronomy involves the manipulation of biology, yet biology is fundamentally more complex than the physical sciences and, despite concerted efforts to model crop processes, few aspects of crop performance (other than water use) have yet proved sufficiently predictable for models to show practical value. In addition, few models work at the level of cropping systems. Much trial and error must thus be involved in effecting improved productivity, and ultimately it must be through optimising system design that farmers will achieve better outcomes, taking into account factors such as crop choice and sequencing, soil

suitability and health, whole farm water availability, weed seed banks, pathogen diversity and climatic trends. Few of these are easily controlled and studied. Yet poor predictability dictates that experimentation must play a substantial part in bringing agronomic progress. The decisions involved in designing and managing farming systems are numerous, and interactions between these and the cropped environment are multitudinous so, if progress must be quick, new approaches to trial and error must be established.

The current evidence-base for farming decisions largely arises from experimentation at a disproportionately fine scale; most crop experiments employ small plots and make multiple comparisons of varieties, establishment techniques, and use of pesticides, fertilisers or manures. The recommendations and advice distilled from this evidence are extrapolated extensively across soils, systems and regions. But validation of the extrapolations is absent or sparse; experimentation seldom occurs at the field or farm scale so emergent outcomes from combining practices into holistic systems and across diverse soils are poorly recognised or understood. In particular, small plot experiments are designed (through blocking and randomisation) to exclude or minimise soil-derived variation, so only the grossest interactions between crop management and soil characters are currently recognised, leaving soil science with a major challenge.

Just a few examples of system features that deserve more thorough investigation are (i) better matching of crop genetics to soil types, (ii) better matching of crop quality to livestock requirements (e.g. grass pre-processing might avoid over-feeding ruminants with protein), (iii) enhancing the choice and productivity of perennial species (particularly to produce dry, starchy propagules as an alternative energy source to cereal grains; also to enable un-tillable land to produce food and energy products rather than predominantly much less nutritionally efficient livestock feeds, (iv) mechanisation to enable cultivation and harvesting of mixed synergistic genotypes (e.g. legumes & cereals). Partly it is continually diminishing food prices that inhibit the industry from making such progressive innovations themselves; currently, innovative farmers focus more on cost-cutting ideas than on productivity-enhancing ideas. Regional farming systems thus tend to be much more homogeneous than would be expected from the multifarious range of farm-design options. Perhaps this provides an opportunity for big investors who are currently buying-in to agriculture? Certainly industry has engaged enthusiastically with our Yield Enhancement Network (YEN; Sylvester-Bradley & Kindred, 2014).

Moving from farm design to the more recurrent challenges of year to year and month to month crop management, decision-making farmers and their advisors are inured to living with extrapolation and its large inherent uncertainties. (It is perhaps fortunate for agronomists that these uncertainties are masked by unpredictable effects of weather.) Past practice is their most trusted touchstone, and often their approach to progress derives from marginal gains theory (Davies, 2015); small adjustments to sowing dates, seed rates, fertiliser rates and pesticide choices are intended to aggregate into reduced costs, and possibly also enhanced outputs. Yet farmers' capacity to test their success is poor and, surprising to scientists (who deem that only differences exceeding 95% certainty are 'proven') any comparisons, even of gross decisions such as rotational sequencing, are rarely tested in ways that would satisfy scientific scrutiny.

Digital technologies and so-called ‘precision farming’ have commonly been mooted as the means by which crop productivity will be enhanced and food security established (e.g. Gebbers & Adamchuk, 2010; Phillips, 2014). However, few if any proponents of precision farming have defined the major mechanisms by which this transition might take place. The most common ‘precision’ technique is to vary rates of fertiliser according to perceived soil-derived variation in crop nutrient requirements (VRN). Our recent analysis (Kindred *et al*., 2017) showed rather marginal benefits of VRN, with little effect on crop productivity, due particularly to the poor predictiveness of nutrient requirements both at field and sub-field scale; indeed negative benefits were not impossible. However, our analysis of the potential impacts of digital technologies (Sylvester-Bradley *et al*., 2017) is that, rather than directly moderating yield variation, these provide a new stratum for industry testing and scientific research at field-scale (we call this ‘agronōmics’), through which we can improve our certainty in crop management decisions and also our understanding of crop behaviour.

Our initial experiences with agronōmic research is that success depends upon forging close, highly interactive and collaborative relationships between scientists and farmers, and also that students have an important and mutually-beneficial supporting role to play in collecting, collating and interpreting farmers’ digital data. Whilst envisaging no quick-fix for crop productivity, our group sees a new arena with an exciting future bringing faster agronōmic progress, where science comes closer to farming, farming becomes more scientific, and education bridges more effectively between the two.

Conclusions

Enhanced crop productivity is one of several feasible means of sustaining the happy survival of our largely urbanised human population. Others are population control, dietary change, and synthetic food production, but enhancement of crop productivity is tractable, and it has few essentially negative and many potentially positive impacts on other ecosystem services. The challenge for agronomists is to develop and exploit new philosophies and technologies that will enable progress in sufficient time to meet the demands and expectations of our urban peers.

References

Beddington, J., Asaduzzaman, M., Fernandez, A., Clark, M., Guillou, M., Jahn, M., Erda, L., Mamo, T., Van Bo, N., Nobre, C.A., Scholes, R., Sharma, R., Wakhungu, J. (2011). *Achieving food security in the face of climate change: Summary for policy makers from the Commission on Sustainable Agriculture and Climate Change*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Copenhagen, Denmark. Available online at: www.ccafs.cgiar.org/commission.

Davies, P. (2015). *Marginal Gains Theory: The value of improving by 1 percent.* Blog accessed here.

French, R.G. & Schultz, J. (1984). Water use efficiency in a Mediterranean environment I. The relationship between yield, water use and climate. *Aust. J. Agric. Res.* **35**, 734-64.

Gebbers, R. & Adamchuk, V.I. (2010). Precision Agriculture and Food Security. *Science* **327**, 828-831.

Hardej, P. (2017). *One-time largest vertical farm shuts down.* Blog for the Urban Vertical Farming Project. Accessed here.

Kindred, D., Sylvester-Bradley, R., Milne, A., Marchant, B., Hatley, D., Kendall, S., & Berry, P. (2017). Spatial variation in nitrogen requirements of cereals, and their interpretation. Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture (ECPA) 8(2), 303–307.

Koning, N. & van Ittersum, M.K. (2009). Will the world have enough to eat? *Current Opinion in Environmental Sustainability* 1, 77–82.

Krausmann, F., Erb, K-H., Gingrich, S., Haberl, H., Bondeau, A., Gaube, V., Lauk, C., Plutzar, C. & Searchinger, T.D. (2013). Global human appropriation of net primary production doubled in the 20th century. *PNAS* **110**, 10324–10329.

Lin, M. & Huybers, P. (2012). Reckoning wheat yield trends. Environmental Research Letters 7 (2) doi.org/10.1088/1748-9326/7/2/024016

Monteith, J.L. (1977). Climate and efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society, London, Series B.* **281**, 277-294.

Newton-Cross, G. & Gammer, D. (2016). *The evidence for deploying Bioenergy with CCS (BECCS) in the UK*. Report of the UK Energy Technologies Institute 28 pp.

Petersen, J., Haastrup, M., Knudsen, L. & Olesen, J.E. (2010). Causes of yield stagnation in winter wheat in Denmark. DJF Report Plant Science No. 147.

Phillips, S. (2014). Precision Agriculture: Supporting Global Food Security. *Better Crops* **98** (3) 4-6.

Sylvester-Bradley, R., Foulkes, J. & Reynolds, M. (2005). *Future wheat yields: evidence, theory and conjecture*. pp. 233-260 In *Yields of farmed species: constraints and opportunities in the 21st century*. Eds. R. Sylvester-Bradley & J. Wiseman. Nottingham University Press.

Sylvester-Bradley, R. & Wiseman, J. Eds. (2005). *Yields of farmed species: constraints and opportunities in the 21st century*. Nottingham University Press. 651 pp.

Sylvester-Bradley, R. (2010). Targets, traits and technologies to achieve sustainable productivity with arable crops in the UK. *Aspects of Applied Biology* **105***, Water and nitrogen use efficiency in plants and crops*, 107-114.

Sylvester-Bradley, R. & Kindred, D.R. (2014). The Yield Enhancement Network: philosophy and results from the first season. *Aspects of Applied Biology* 125, *Agronomic decision making in an uncertain climate,* 53-62.

Sylvester-Bradley, R., Kindred, D.R., Marchant, B., Rudolph, S., Roques, S., Calatayud, A., Clarke, S. & Gillingham, V. (2017). Agronōmics: transforming crop science through digital technologies. *Advances in Animal Biosciences: Precision Agriculture (ECPA)* 8, 728–733.

Tilman, D., Balzer, C., Hill, J. & Befort, B.L. (2011). Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *PNAS* **108**, 20260–20264.

Waters, A. (1995). The ethics of eating. *The Land Report* **52**, Accessed here.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 10–13 (2017)

Resiliente Pflanzenproduktionssysteme der Zukunft

Friedhelm Taube

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung / Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel. E-Mail: *ftaube@gfo.uni-kiel.de*

Begriffsbestimmung

Der Begriff der Resilienz ist in verschiedenen wissenschaftlichen Disziplinen eingeführt und wissenschaftliche Publikationen mit diesem Term haben Hochkonjunktur (siehe Abb. 1). ‚*Resilienz*' lateinisch ‚*resailiere*' bedeutet ursprünglich zurückspringen/ zurückprallen/ zurückholen (Alexander, 2013). In der Wissenschaft wurde der Begriff laut Vogt (2015) erstmals in der Mechanik bzw. den Materialwissenschaften in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts erwähnt, um die Eigenschaft eines Körpers/ Materials zu beschreiben, eine bestimmte Krafteinwirkung von außen zu absorbieren bzw. darauf mit einer Verformung eines Körpers nach Einwirkung einer Kraft zu reagieren, um danach wieder in den Ausgangszustand zurückzukehren. In den 1950er Jahren wurde der Begriff in die Psychologie eingeführt und 1973 durch Holling in die Systemökologie, wobei er die Anpassungsfähigkeit pflanzlicher Organismen gegen Trockenstress in ariden Gebieten als Modell nutzte. Konkret sind es unterschiedliche Zustände, in die das System springt, um sich den Lebensbedingungen anzupassen (z.B. Keimung der Samen bei Niederschlägen, Dormanz der Samen bei Trockenheit über lange Zeiträume) und so eine hohe Resistenz gegen scheinbar lebensfeindliche Umstände zu ermöglichen. Evolutionsbiologisch interpretiert, zielt das Konzept der Resilienz auf eine Abgrenzung gegen Gleichgewichtsmodelle. Leben auf der Erde hat sich von Katastrophe zu Katastrophe entwickelt. Gäbe es einen stabilen Gleichgewichtspunkt, würde die Dynamik zur Höherentwicklung bzw. zur Sukzession fehlen (Sieferle, 1997, zitiert von Vogt, 2015). Das spricht systematisch bzw. begriffsgeschichtlich gegen eine primär konservative, auf den *Status quo* und seine Erhaltung bezogene Interpretation. Folcke et al. (2010) leiten daraus für Ökologisch-Soziale Systeme ab, dass Transformation auf niederer Skalenebene notwendig ist, um Resilienz auf höherer Ebene zu gewährleisten.

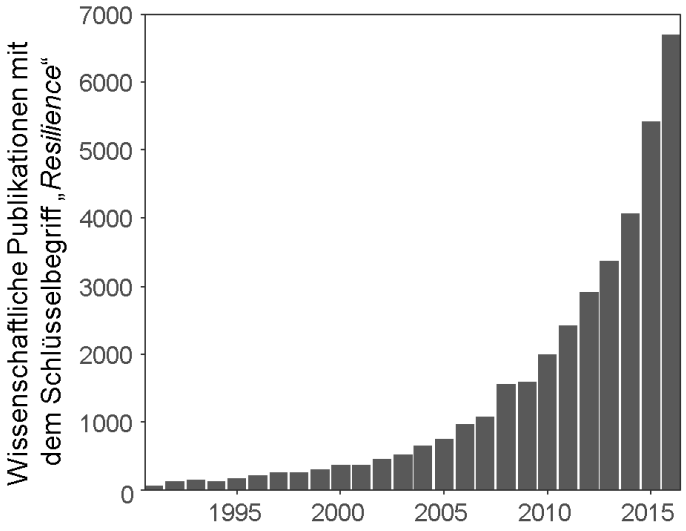


Abb. 1. Wissenschaftliche Publikationen mit dem Schlüsselbegriff „*Resilience*"

In der Kybernetik ist der entscheidende Begriff für die Resilienzfrage die „Rückkopplung“: Systeme mit negativer Rückkopplung können Störungen ausgleichen, kehren wieder zu ihrem stabilen Zustand zurück und pendeln um den Gleichgewichtspunkt. Systeme mit positiven Rückkopplungen verstärken Störungen und können so leicht in einen anderen Systemzustand übergehen. Wird ein bestimmter Schwellenwert (*threshold*) überschritten, ist der Übergang zu einem anderen Ordnungsmuster nicht mehr aufzuhalten (relevant derzeit auch in der Klimaforschung: Kipppunkte *‚tipping points‘*). Resilienz nach diesem Ansatz wird auch durch das ‚*planetary boundary concept (PBC)*‘ (Rockström *et al*, 2009; Steffens et al., 2015) umgesetzt. Auf Basis der kritischen Parameter CO_2 und Klimawandel, Nitrateinträge in die Hydro- und Atmosphäre, Biodiversität, Versauerung etc. werden Schwellen definiert, jenseits derer die Systemdynamik instabil wird. Ziel der PBC-Forschung ist die Definition eines sozioökologischen Koevolutionsraums, der auch soziale Faktoren berücksichtigt, z.B. Mindeststandards an Wasser- und Lebensmittelversorgung. Am Ende ergeben sich so Diagramme für einen ‚*safe just operating space*‘ für die Entwicklung der Gesellschaft (Vogt, 2015).
Aus insgesamt 9 Kategorien der *planetary boundaries* ist es vor allem der Komplex der Biodiversität und sind es damit Fragen der Landnutzung (einschließlich der Abholzung der Regenwälder), die biochemische Stoffflüsse, insbesondere Nitrat und Phosphor (wegen ihrer Auswirkungen auf den Wasserhaushalt) und CO_2 (wegen seiner Klimarelevanz), die die Resilienz des modernen Zivilisationssystems in sozialökologischer Hinsicht gefährden. Demnach kommt dem Bereich Landwirtschaft und damit auch der Boden- und Wassernutzung höchste Dringlichkeit zu (Vogt, 2015).
Ökonomisch gesehen ist Resilienz in gewisser Weise ein Gegenbegriff zu Effizienz (vgl. Renn, 2014). Es geht um das Vorhalten von Reserven und Spielräumen, um im Fall von Störungen robuster reagieren zu können. Systeme, die einseitig Effizienz optimieren werden oft störanfällig. Resilienz ist Störungstoleranz, bedeutet also implizit Vorsorge und Risikovermeidung. In jüngerer Zeit haben u.a. Darnhofer (2015) und Hess (2017) den Begriff auch im agrarwissenschaftlichen Kontext von Risikomanagement für ein langfristig adaptives Betriebsmanagement im Sinne einer ökonomischen Resilienz angewandt. Mit anderen Worten: der Begriff Resilienz ist inzwischen in der Wissenschaft ubiquitär gebräuchlich, wobei es eine dezidierte allgemein gültige bzw. allgemein anerkannte Definition nicht zu geben scheint. Zwar besteht Einigkeit darüber, dass Resilienz die drei Komponenten der Pufferfähigkeit, der Anpassungsfähigkeit und der Transformationsfähigkeit beschreibt, die Wertung und das Ziel diese einzelnen Komponenten betreffend bleibt jedoch vergleichsweise vage.

Die Abgrenzung zwischen Resilienz und Nachhaltigkeit

Das ethisch-politische Leitbild der Nachhaltigkeit ist umfassender und stärker normativ orientiert mit der Zieldefinition der globalen und intergenerationellen Gerechtigkeit (vgl. Schaffer, 2014). Resilienz ist nach Vogt (2015) ein Teilaspekt der Nachhaltigkeit. Sie geht nicht von wünschenswerten Zielen aus, sondern von der Prozessgestaltung. Die Ziele werden dabei nicht dezidiert bestimmt, sondern lediglich formal durch Selbsterhaltung, Anpassung und Wandel umschrieben. Resilienz modelliert somit komplexe Systemabläufe und folgt anderen Ansätzen als Nachhaltigkeit: Nicht wünschenswerten Zielen, sondern möglichen Gefährdungen. Statt von utopischen Versprechen einer ökologisch tragfähigen, sozial gerechten und wirtschaftlich effizienten Entwicklung auszugehen, versuchen Resilienzkonzepte

Eigenschaften und Prozesse zu identifizieren, die robuste Anpassung und Entwicklung auch unter widrigen Bedingungen ermöglichen.

Grundsätzliche Überlegungen zur Anwendung des Resilienzkonzeptes für pflanzenbauliche Systeme

Auf Basis der obigen Ausführungen stellt sich die Frage, wie ein Resilienzkonzept in der landwirtschaftlichen Bodennutzung/ im Pflanzenbau Anwendung finden kann. Bei Eingabe der gemeinsamen *Keywords resilience – ecology – agriculture* bei google erscheinen in mehr als 80% der Fälle auch die Begriffe *sustainability* und *organic farming*, zumeist in Verbindung mit Autorenschaften aus Institutionen der Zivilgesellschaft; der Begriff Resilienz ist somit in den letzten 10-15 Jahren gleichermaßen populärwissenschaftlich und politisch insbesondere seitens der NGO's synonym mit den Begriffen Ökologischer Landbau und Nachhaltigkeit verortet worden.

In der wissenschaftlichen Literatur zur ‚ökologischen Resilienzforschung' terrestrischer Ökosysteme kommt dem Grasland eine dominierende Rolle zu, wobei zumeist die Anpassungsfähigkeit bestimmter Pflanzengesellschaften an Witterungsextreme bzw. Klimawandel im Mittelpunkt steht und die funktionelle Diversität als Anpassungsmechanismus identifiziert wird (vgl. Hoover *et al.*, 2014). Im Gegensatz zu den oben ausgeführten grundsätzlich nicht wertenden und nicht gleichgewichtsorientierten Ansätzen einer Operationalisierung des Resilienzterms sind diese Arbeiten in der Graslandforschung, insbesondere im Falle von semi-natural grasslands/ rangelands, in aller Regel von dem Ziel geprägt, die Pufferkapazität solcher Systeme zu erfassen und die Adaptationsmechanismen im Sinne negativer Rückkopplungen hin zu einem ursprünglichen Gleichgewichtszustand zu quantifizieren. Es ist vor diesem Hintergrund kein Zufall, dass Elmqvist *et al.* (2003) für die grafische Darstellung des Resilienzprinzips von Ökosystemen u.a. Steppengrasland als Modell nutzt (Abb. 2).

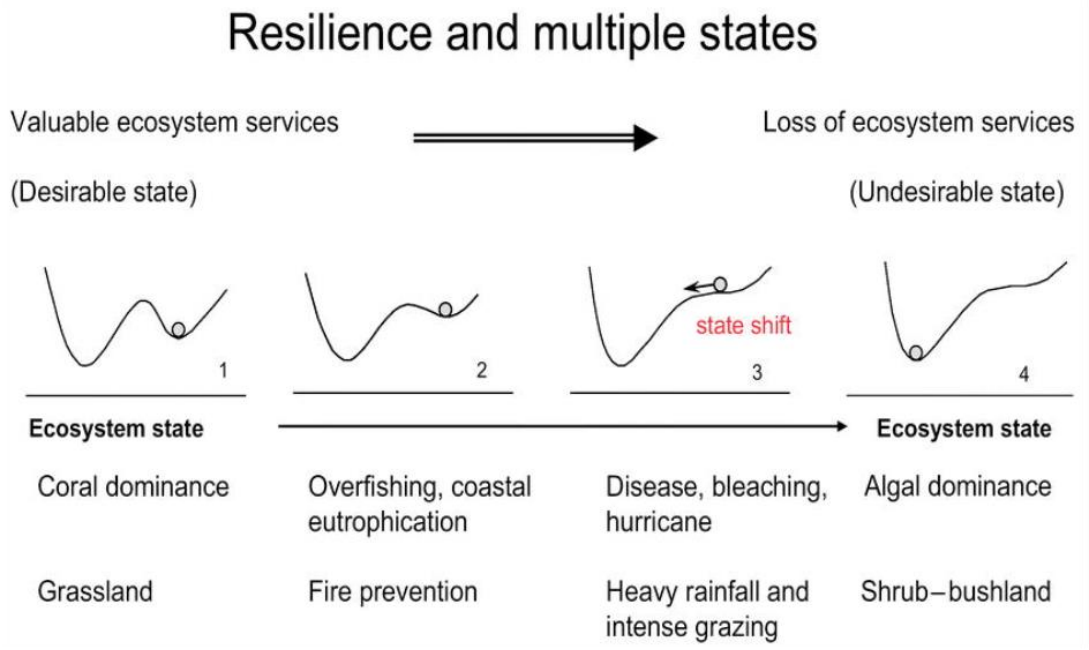


Abb. 2: Veränderungen von einem erwünschten Ökosystemstatus (1-links) zu einem unerwünschten (4-rechts) durch anthropogene Einflüsse (2-Ursachen; 3-Auslöser 'trigger') an den Beispielen Korallenriff (oben) und natürliches Grasland (unten) (Elmqvist *et al.* (2003) verändert nach Deutsch *et al.* (2003))

Die Erfassung und Bewertung funktioneller Diversität als zentrales Element der Resilienz, die funktionale Merkmale über Komplementarität, Nischenfunktionen, Evennesskoeffizienten in Graslandökosystemen zur gleichen Zeit auf der gleichen Fläche adressiert, wird in der Literatur zum Ackerbau sehr häufig über Steigerung der Kulturartendiversität im Rahmen von Fruchtfolgen adressiert (vgl. Lin, 2011) oder über Kulturartendiversität auf Landschaftsebene (Reidsma und Ewert, 2008). Allerdings geschieht dies auch hier vornehmlich unter Umweltbedingungen, die Maximalerträge aufgrund von Wassermangel oder limitierten Temperatursummen nicht zulassen. Womit die Frage nach der Resilienz ‚von was für was'? (Carpenter *et al.*, 2001) offensichtlich wird. Die Erfassung und Bewertung der Resilienz von Anbausystemen im Pflanzenbau ist somit stets kontextgebunden und ist unter wasserlimitierten Bedingungen in Australien z.B. im Sinne von Klimaresilienz anders zu adressieren als in Hochertragsregionen des Ackerbaus in Europa. Im Vortrag werden die oben angeführten Charakteristika von Resilienz (Pufferung; Anpassung; Transformation) an ausgewählten Beispielen hergeleitet, Auslöser (‚trigger') in Richtung Transformation identifiziert, negative wie positive Rückkopplungen verdeutlicht und Messgrößen zur Ableitung von ‚Kipppunkten' (‚tipping points') diskutiert. Schließlich wird die Resilienz ausgewählter high input - high output Anbausysteme in Deutschland im Lichte des ‚planetary boundary concepts' diskutiert und schließlich werden beispielhaft resiliente Anbausysteme skizziert, die gleichermaßen die Ökosystemdienstleistungen der Produktion von Gütern wie der Bereitstellung weiterer ökologischer Dienstleistungen adressieren.

Literatur

Alexander, D. E. (2013): Resilience and disaster risk reduction: an etymological journey, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.,* 13, 2707-2716, 10.5194/nhess-13-2707-2013

Carpenter, S., Walker, B., Anderies, J., Abel N. (2001): From Metaphor to Measurement: Resilience of What to What? *Ecosystems* 4, 765. 10.1007/s10021-001-0045-9

Darnhofer I. (2014): Resilience and why it matters for farm management. *Eur Rev Agric Econ* 41, 461-484. 10.1093/erae/jbu012

Deutsch L, Folke C., Skanberg K. (2003): The critical natural capital of ecosystem performance as insurance for human well-being. *Ecol Econ* 44: 205–217. 10.1016/S0921-8009(02)00274-4

Elmqvist, T., Folke, C., Nyström, M., Peterson, G., Bengtsson, J., Walker, B., Norberg, J. (2003): Response diversity, ecosystem change, and resilience. *Front. Ecol. Environ.* 1, 488-494. 10.1890/1540-9295(2003)001[0488:RDECAR]2.0.CO;2

Folcke, C. et al.(2010): Resilience thinking: Integrating resilience, adaptability and transformability. E&S15(4)

Hess, S. (2017): Die Resilienz landwirtschaftlicher Betriebe in Zeiten volatiler Märkte. 67. Öffentliche Hochschultagung der Universität Kiel. 02.02.2017 (im Druck)

Hoover, D. L., Knapp, A. K., Smith, M. D. (2014): Resistance and resilience of a grassland ecosystem to climate extremes. *Ecology*, 95: 2646–2656. 10.1890/13-2186.1

Lin B. (2011): Resilience in Agriculture through Crop Diversification: Adaptive Management for Environmental Change. *BioScience* 6 183-193. 10.1525/bio.2011.61.3.4

Reidsma, P. und Ewert F. (2008): Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change. *Ecology and Society* 13, 38. www.ecologyandsociety.org/vol13/iss1/art38/

Renn, O. (2014): Das Risikoparadox, 2. Auflage, Frankfurt a. M., 502-508

Rockström, J. *et al.* (2009): A safe operating space for humanity. Nature 641, 472–5 10.1038/461472a

Sieferle, R.P. (1997): Rückblick auf die Natur. Eine Geschichte des Menschen und seiner Umwelt. Luchterhand, München, 233. ISBN 3-630-87993-4

Steffen, W. *et al.* (2015): Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 6223. 10.1126/science.1259855.

Vogt, M. (2015): Zauberwort Resilienz. Einführung zur Tagung „Zauberwort Resilienz. Was stärkt in Zeiten des radikalen Wandel?". Tutzing, 27.2. - 1.3.2015.
http://www.forchange.de/assets/archiv/dokumente/Tagung-Tutzing/Vogt-Tutzing-150227.pdf

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 14–17 (2017)

Ecological intensification of agriculture: a way out of the global food versus ecology dilemma

Achim Dobermann

Rothamsted Research, Harpenden, AL5 2JQ, UK. E-Mail: *achim.dobermann@rothamsted.ac.uk*

Agriculture in the Sustainable Development Agenda

Seventeen Sustainable Development Goals (SDGs) were endorsed by the United Nations at a historic summit of world leaders in September 2015. The SDGs are meant to inspire people, businesses, and whole countries to think about the future in a more holistic manner, and change their own actions towards behaviours that support sustainable development in all its economic, social and environmental dimensions. SDG 2 on ending hunger, improving nutrition and achieving a more sustainable agriculture is among the most difficult ones to achieve because it means at least six very different things:

- Agriculture that provides nutritious foods for the entire world population, including the right mix of grains, legumes, vegetables, fruits, nuts, livestock and fish products to ensure adequate supply of energy, protein with essential amino acids, micronutrients, omega-3 fatty acids etc.
- Agriculture that offers a viable income and livelihood for farmers and business along the whole value chain in any country.
- Agriculture that is resilient to future climate change.
- Agriculture that comprehensively reduces greenhouse gas emissions from energy use, deforestation, methane and nitrous oxide.
- Agriculture that reduces other environmental harms (loss of biodiversity, invasive species, freshwater depletion, soil degradation, destruction of habitat, chemical pollutants from pesticides and herbicides, etc.)
- Agriculture that sustains local landscapes, cultures, cuisines, etc.

Depending on the context, targets for improved performance of agriculture may mean any or all of the following: increased profitability and productivity, high efficiency and returns from external inputs, improved crop and livestock yield stability, reduced greenhouse gas emissions, enhanced biodiversity and ecological resilience, better animal welfare, and environmental broader services provision (e.g., clean water, flood protection, recreational and cultural landscape values). Not all of these outcomes can be achieved at once or simultaneously everywhere, and it is unlikely that the current market forces, levels of investment, policies and regulatory mechanisms will enable all that.

Addressing these challenges requires transformative changes along the whole food chain. Success will largely depend on whether population growth can be controlled, how consumers change, and whether rural places can become attractive places to live and work, particularly for younger generations (Dobermann et al., 2013). To enter a sustainable development path in the right order, countries will need sound policy and technology roadmaps that enable them to achieve targets of high priority in a more systematic manner. As of today, few countries have developed a clear understanding of how to make such transformative changes in complex and diverse agri-food systems. This is an area in which science can contribute much, through

methodologies and participatory processes that contribute to national policy debates as well as the implementation of new policies, also in Europe.

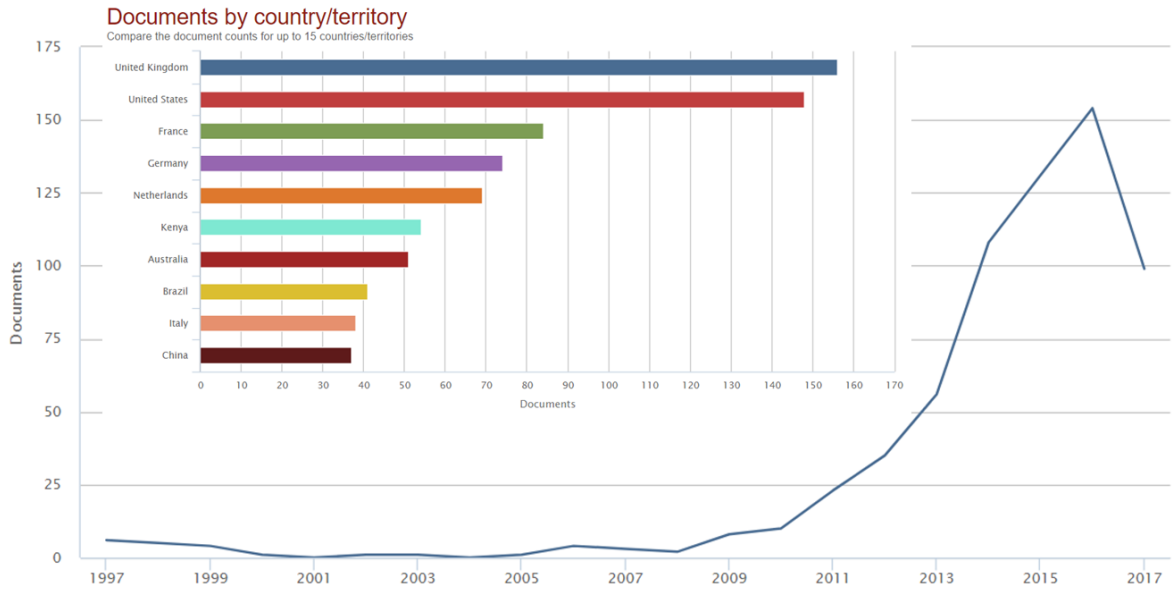
Current global food security and nutrition deficits cannot be easily overcome. SDG 2 aims to eliminate all extreme forms of hunger and malnutrition by 2030, a goal that has been elusive to mankind since it was first stated in 1943 (United Nations Conference on Food and Agriculture, 1943). In the coming two to three decades we will have to make some difficult choices. For example, should there be a moratorium on the expansion of agriculture into forests, wetlands, and grasslands, and to halt the loss of farmland to urbanization? Should countries – also in Europe – stop using farmland to grow crops for bioenergy? What is the best strategy to feed Sub-Saharan Africa – growing more food or importing more? Cereal demand in Africa is expected to rise by over 300% in 2050 (compared to 2010), which would require annual yield growth rates of 130-140 kg ha^{-1} (4-5 times the current yield growth) just to maintain the current level of self-sufficiency (van Ittersum et al., 2016). Clearly, Africa can only hope to eradicate hunger and poverty through a combination of increases in crop yields, cropping intensity, expansion of irrigation and a whole suite of improved technologies, policies and infrastructure (van Ittersum et al., 2016). This second Green Revolution will have to be a sustainable form of intensification.

Ecological Intensification or Sustainable Intensification?

In the late 1990s, two new terms were coined by scientists to describe future paradigms for achieveing food and nutrition security while also protecting the environment. **Ecological Intensification (EI)** of agriculture was described as a process of improving both yields and environmental performance of crop production on existing land, with a focus on precise management of all production factors and maintenance or improvement of soil quality (Cassman, 1999). Innovation and adoption of EI practices are facilitated by the use of ‘big data‘ that farners themselves generate, coupled with a robust spatial framework to identify cohort fields that respond similarly to these innovations (Cassman, 2017). **Sustainable Intensification (SI)** of agriculture was originally associated more with low-input agricultural options to reduce negative impacts on the environment and improve broader ecosystem services (Pretty, 1997). Since then, the term SI has been used widely to describe a much broader transformation of agri-food systems (The Montpellier Panel, 2013; Garnett et al., 2013; Smith, 2013; Rockstrom et al., 2016). The scientific community – primarily in the Western world - has embraced both terms enthusiastically in recent years (Fig. 1). A consensus is emerging that such an ecological or sustainable intensification must happen in small and large farms throughout the world, although opinions differ on how it can be achieved.

Whatever the choice of terminology is, EI and SI have a very similar underpinning objective: to produce more food from existing farmland while minimising pressure on the environment. Whereas EI places more emphasis on the biophysical aspects of crop productivity and resource use efficiency, SI usually includes additional social, economic and ecological dimensions. We should simply view them as a framework to guide action, not as a specific recipe. They are all about providing scientifically and economically sound choices, i.e. flexible, tailored solutions that are practical, not dogmas that pursue specific interests. It is important to have a clear picture of a

successful outcome in mind, and to keep it simple, focusing on a few top priorities for change, with aspirational targets and good performance metrics for those. The discussion on EI or SI needs to move towards a culture of action, joint learning and true innovation.



https://www.scopus.com, 25 July 2017

652 documents since 1997
"Ecological Intensification": 137
"Sustainable Intensification": 527

Figure 1. Number of documents listed in Scopus containing the terms "Ecological Intensification" or "Sustainable Intensification" in the Title, Abstract or Keywords, 1997 to 2017.

Accelerating innovation

Many of the changes needed to achieve SDG 2 cannot wait for another 20 or 30 years for a new idea to develop and have greater impact. Political, economic and social drivers often constrain faster development and wider adoption of new knowledge and technologies. However, I argue that science itself should also change in order to achieve greater impact much faster. This requires a substantial culture change at institutional levels, at the level of individual scientists, and in science funding (Karp et al., 2015). The desire to demonstrate 'return for investment' by funders often results in incremental, safe science rather than high-risk steps. The emphasis on publishing results in scientific journals as the key incentive for scientists should be replaced by a much stronger desire to take the next step of converting scientific results into improved products or practices. Scientists need to work in a more problem-solving and entrepreneurial manner, but we also need to reinstate a culture where the gain makes the risk worth taking and in which scientists can exercise greater freedom in creative thinking, especially across disciplines. A more open innovation and open access environment will be required as opposed to secretive behaviour and intellectual property protection that stifle wider progress.

Agricultural scientists should embrace the SDGs, target their own research towards tackling real-world problems embedded in them, and demonstrate what is possible

through culture change and the systematic sharing, integration and application of the world's best know-how. They also need be a loud voice for evidence-based policy making. Europe has for a long time been a leader in agricultural knowledge and innovation. It should also be at the forefront of new thinking, technologies and policy innovation for the future.

Literature

Cassman, K.G. 1999. Ecological intensification of cereal production systems: Yield potential, soil quality, and precision agriculture. Proc. Natl. Acad. Sci. 96: 5952-5959.

Cassman, K.G. 2017. Ecological intensification of maize-based cropping systems. Better Crops With Plant Food 101 (2): 4-6.

Dobermann, A. et al. 2013. Solutions for sustainable agriculture and food systems. Technical report for the post-2015 development agenda. Sustainable Development Solutions Network (SDSN), New York.

Garnett, T. et al. 2013. Sustainable intensification in agriculture: premises and policies. Science 341: 33-34.

Karp, A. et al.. 2015. Growing innovations for the bioeconomy. Nature Plants 1: 15193.

Pretty, J.N. 1997. The sustainable intensification of agriculture. Natural Resources Forum 21:247-256.

Rockstrom, J. et al. 2016. Sustainable intensification of agriculture for human prosperity and global sustainability. Ambio 46(1): 4-17.

Smith, P. 2013. Delivering food security without increasing pressure on land. Global Food Security 2:18-23.

The Montpellier Panel. 2013. Sustainable intensification: a new paradigm for African agriculture. Agriculture for Impact, Imperial College, London.

United Nations Conference on Food and Agriculture. 1943. United Nations Conference on Food and Agriculture: Text of the Final Act. The American Journal of International Law 37:159-192.

van Ittersum, M.K. et. al. 2016. Can sub-Saharan Africa feed itself? Proc. Natl. Acad. Sci. 113:14964-14969.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 18–21 (2017)

Agronomic consequences of regionalizing organic plant production

Thomas F. Döring

Humboldt Universität zu Berlin, Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin, E-Mail: *thomas.doering@agrar.hu-berlin.de*

Introduction

Over the past several decades, agricultural production systems around the globe have greatly increased inputs of fertilizers and plant protection products to agricultural land (Tilman et al. 2002) and have strongly intensified mechanization (Binswanger 1986). These well-described intensification processes have been accompanied by large structural changes in the organization of food supply systems. In particular, market concentration of food retailers (Sexton 2000; Hollingsworth 2004), in conjunction with low costs for transporting food over large distances, increasing urbanization and changing consumer demands (Kearney 2010) have resulted in highly globalized food systems (Roberts 2008). However, this de-regionalization has come at environmental and cultural costs, including an increasing disconnect between consumers and producers. The organic sector is not exempt from these developments (Raynolds 2004).

In response to changing food systems, many consumers are seeking alternative food sources (Stagl 2002). Specifically, for a large proportion of consumers, the local or regional provenience of food products is a strong selection criterion (Brown et al. 2009; Conner et al. 2009). The regionalization of food systems is often seen as a way to improve their environmental impact, especially to reduce food miles. In addition, social and cultural aspects of regional food influence the motivation to turn towards regional products. Accordingly, both the organic and the conventional sector have responded to the demand for regionally produced food and often advertise regional provenience.

Regionalization of food systems is likely to have significant agronomic implications, both in organic and non-organic contexts. So far, these agronomic aspects of regionalization have not been a major target of research. This paper gives a brief overview of the consequences of regionalization from an agronomic perspective. It asks what a strong and consistent regionalization would mean for crop production, in terms of both risks and opportunities.

Regionalization requires diversification

First, regionalization of food supply requires the diversification of cropping systems, in particular an increase in the number of crop species grown in a given region. This becomes necessary in so far as more types of products need to be produced locally, replacing products imported into the region over long distances. Obviously, the degree to which diversification becomes necessary will strongly depend on consumer demand for specific products. In general, however, regionalization entails the need and opportunity to diversify. An example is the diversification of crop rotations by the inclusion of crop species for which there is a new regional demand.

In addition, taking up a new crop in a region may open ways to design novel crop mixtures, e.g. lentils and cereals. When different crops are combined and interact closely at the field level, e.g. as in intercropping systems, crop diversification offers several ecological benefits (Isbell et al. 2017), including yield increases, yield stabilization and better pest and disease control. Putting these benefits into effect,

however, requires detailed knowledge of the complex and dynamic response of diversified cropping systems.
In terms of agronomic effects, the necessary diversification following regionalization may also mean that producers need to include crops on their farms that may not ideally be adapted to the prevailing pedoclimatic conditions. In this sense, diversification is equivalent to de-specialization. For example, if demand for local food requires wheat to be grown locally, wheat previously imported needs to be replaced by wheat grown locally, but local soils may not be ideally suited to this demanding crop species. More generally, it has been argued that with regionalization "yields will decrease as cropped areas are extended onto land less suitable for these purposes" (Cowell and Parkinson 2003).
This is particularly relevant for regions that are strongly specialized, e.g. mountainous regions mainly characterized by grassland and low proportions of arable land. Finding adapted crops and designing cropping systems for these regions is not a trivial task, and it needs to be taken on with a strong link to consumers.
In summary, the perspectives on diversification for and within regionalized food systems highlight the need to adapt and learn, both on the consumer and the producer side.

Regionalization and yield stability

A second point of concern is yield stability. It can be argued that with increasing regionalization, stability of product supply within a given area is likely to decrease. This is because low yields can be buffered against by higher ones in different areas. With spatial aggregation yields averaged over larger areas stabilize. But if the exchange of products between regions decreases following regionalization, this buffering function is reduced as well. It is currently unclear to which degree destabilization of regional output would occur at which spatial level.
Preliminary data analysis based on organic cereal variety trials in Germany shows that temporal yield stability does indeed increase with spatial aggregation. In spring oats, the coefficient of variation (CV) across three years (2013-2015) was calculated separately for five different sites. It ranged from 5.2% to 35.4% in the different test sites, with a median CV of 14.3%. When yields were pooled across all sites, the CV was slightly smaller (9.7%). Similar results were obtained for winter barley (median CV for five single sites: 24.6%, maximal CV: 37.6%; CV of pooled yields: 20.6%) and winter wheat (median CV for five single sites: 21.7%, maximal CV: 30.4%; CV of pooled yields: 17.2%).
These results suggest that following regionalization, no dramatic decrease from the stability of the average yield across different regions to the average stability might occur – at least for cereals, but that some regions could be hit by relatively high yield variability. It is likely that regions with low mean yields, e.g. as a consequence of soils with poor texture, may also suffer from low yield stability. Since regionalization aims to meet local food demand increasingly by local supply, these considerations point to the need to develop region-*specific* strategies that encompass the entire food system from soil to fork – and back.

Plant breeding for regionalized food systems

Breeding of most broad-acre crops is dominated by relatively high market concentration, genetically uniform varieties, and large target areas for each variety. As such, current crop breeding systems do not help the regionalization of food systems. As argued above, regionalization means that crops need to be found that

are better adapted to local or regional growing conditions. In addition, crop species and varieties carry cultural significance and need to be protected as part of a region's cultural heritage. For these reasons, plant breeding has to become more decentralized. Over the past few decades, two closely related approaches to decentralized plant breeding have been explored by researchers and practitioners, namely evolutionary plant breeding (Döring et al. 2011) and participatory plant breeding (Chable et al. 2014).

Evolutionary plant breeding is based on the idea that genetically diverse crop populations are subjected to local natural selection (Suneson 1956). As research on cereals has demonstrated, this approach allows populations to adapt to local growing conditions, leading to genetic differentiation among different populations (Goldringer et al. 1998). In participatory plant breeding farmers are involved in the breeding process to a much greater degree than in conventional breeding programmes (Chable et al. 2014). In this case, regional differentiation of crops occurs through farmers' selection. Both approaches have successfully been combined in France, where they are contributing to a genetic and cultural regionalization of the food system. While steps in this direction have been made in other countries too (Bocci et al. 2013), further progress will depend on the implementation of appropriate seed legislation.

Regionalization of food production: beyond agronomy

There are several other areas of crop production that are relevant in the context of regionalization. For example, in plant protection, the de-specialization of crop production associated with regionalization runs counter to logic of establishing specialized areas for producing virus-free seed potatoes. In plant nutrition, regionalization increases the need close nutrient cycles. In addition, agricultural mechanization is affected as regions specialized on certain crops depend on the regional availability of shared sowing, weeding or harvesting machinery. On the whole, however, agronomic problems are only a part of the complex issues around regionalization.

Paradoxically, some rural areas have been characterized as 'food deserts' (Blanchard and Matthews 2007) – in areas with a high degree of specialization, low crop diversity and high market concentration in the food retail sector have led to difficulties for the local population to obtain grocery products. At the other end of the spectrum, urban supermarkets aim to offer almost every product at any season during the year.

Efforts to regionalize the food system aim to rectify these inconsistencies and to strengthen the relationship between producers and consumers. They require and enable transformative learning among consumers towards more sustainable lifestyles (Kerton and Sinclair 2010), thereby contributing environmental benefits. This paper has shown that agronomic foresight will be necessary to manage regionalization, especially for highly specialized regions, as well as for those currently disadvantaged in terms of general productivity. It is therefore likely that future research on regionalization of (organic) food production will need to approach the issues on a case-by-case basis and to look at the entire food system.

Literature

Binswanger H (1986). Agricultural mechanization: a comparative historical perspective. The World Bank Research Observer 1(1): 27-56

Blanchard TC and Matthews TL (2007) Retail concentration, food deserts, and food-disadvantaged communities in rural America. In: Hinrichs CC and Lyson TA (eds) Remaking the North American food system: Strategies for sustainability. University of Nebraska Press, Lincoln, pp. 201-215.

Bocci R, Ortolani L, et al. (2013) Evolutionary plant breeding in Italy. In: Döring TF, Howlett SA, Winkler LR and Wolfe MS (eds) International Symposium on Evolutionary Breeding in Cereals. Organic Research Centre, UK, Birmingham, UK, pp. 5.

Brown E, Dury S, et al. (2009). Motivations of consumers that use local, organic fruit and vegetable box schemes in Central England and Southern France. Appetite 53(2): 183-188

Chable V, Dawson J, et al. (2014) Seeds for Organic Agriculture: Development of Participatory Plant Breeding and Farmers' Networks in FranceOrganic Farming, Prototype for Sustainable Agricultures. Springer, pp. 383-400.

Conner DS, Montri AD, et al. (2009). Consumer demand for local produce at extended season farmers' markets: guiding farmer marketing strategies. Renew Agric Food Syst 24(4): 251-259

Cowell SJ and Parkinson S (2003). Localisation of UK food production: an analysis using land area and energy as indicators. Agric Ecosyst Envir 94(2): 221-236

Döring TF, Kovacs G, et al. (2011). Evolutionary plant breeding in cereals– into a new era. Sustainability 3: 1944-1971

Goldringer I, Paillard S, et al. (1998). Divergent evolution of wheat populations conducted under recurrent selection and dynamic management. Agronomie 18(5-6): 413-425

Hollingsworth A (2004). Increasing retail concentration: Evidence from the UK food retail sector. British Food Journal 106(8): 629-638

Isbell F, Adler PR, et al. (2017). Benefits of increasing plant diversity in sustainable agroecosystems. J Ecol 105(4): 871-879

Kearney J (2010). Food consumption trends and drivers. Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences 365(1554): 2793-2807

Kerton S and Sinclair AJ (2010). Buying local organic food: A pathway to transformative learning. Agric Human Values 27(4): 401-413

Raynolds LT (2004). The globalization of organic agro-food networks. World development 32(5): 725-743

Roberts P (2008) The End of Food - The Coming Crisis in the World Food Industry. Bloomsbury, London.

Sexton RJ (2000). Industrialization and consolidation in the US food sector: implications for competition and welfare. American Journal of Agricultural Economics 82(5): 1087-1104

Stagl S (2002). Local organic food markets: potentials and limitations for contributing to sustainable development. Empirica 29(2): 145-162

Suneson CA (1956). An evolutionary plant breeding method. Agron J 48(4): 188-191

Tilman D, Cassman KG, et al. (2002). Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature 418: 671-677

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 22–23 (2017)

Ertragsleistung, Proteingehalte und –erträge und Winterhärte von Winterformen der Erbsen (*Pisum sativum* L.) im Gemenge mit Triticale

Herwart Böhm und Karen Aulrich

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

Einleitung

Das Sortenspektrum der Wintererbsen hat sich in den letzten Jahren deutlich vergrößert und ist hinsichtlich der Wuchstypen sehr vielseitig. Es umfasst kurz- und langstrohige, blatt- und halbblattlose sowie weiß- und buntblühende Typen. Langstrohige, blattreiche Sorten können nur im Gemenge angebaut werden, da sie für eine gute Beerntung auf eine Stützfrucht angewiesen sind. Ob die verschiedenen Wuchstypen unterschiedliche Ansprüche und damit Auswirkungen auf die Ertragsleistungen haben, wurde in Feldversuchen geprüft. Wichtige Kenngrößen wie Winterhärte und Proteingehalte wurden ebenfalls erfasst.

Material und Methoden

In den Jahren 2013 bis 2015 wurde am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau in Trenthorst (sandiger Lehm, pH 6,7, 706 mm ø Niederschlag, 8,8°C Jahresdurchschnittstemperatur) Feldversuche mit den Winterformen der Erbse durchgeführt. Die Feldversuche (Blockanlage in 4-facher Feldwiederholung) wurden mit ausgewählten Sorten im Gemenge (GM) mit Triticale (Sorte Benetto bzw. 2015 wegen Gelbrost Tulus, 100 kf Kö m^{-2}) und zum Teil vergleichend in Reinsaat (RS) angelegt. Aus den Pflanzenzählungen vor und nach Winter wurden die Überwinterungsraten berechnet. Der HEB-Index gibt das Verhältnis der Erbsen-Wuchshöhe zur Ernte und zur Vollblüte an. Die Ernte erfolgte mit einem Parzellenmähdrescher mittels Kerndrusch (Ernteparzelle: 19,25 bzw. 17,5 m^2) mit nachfolgender Aufbereitung und Trennung des Erntegutes. Die Rohproteingehalte wurden mittels NIRS geschätzt. Die statistische Verrechnung erfolgte mittels ProcMixed (SAS 9.4), wobei Jahr und Feldwiederholung als zufällige Effekte eingingen.

Tab. 1: Übersicht der geprüften Wintererbsensorten mit Angaben zu Züchter bzw. Herkunft, Wuchstyp, Blütenfarbe sowie der Aussaatstärke in der jeweiligen Anbauform (hb: halbblattlos, nb: normalblättrig, lg: langstrohig, kz: kurzstrohig)

Sorte	Züchter/Herkunft	Wuchstyp	Blütenfarbe	Aussaatstärke [Kö m^{-2}]	
				Reinsaat	Gemenge
Szarvazi Andrea	Szarvasi Medicago Kft. [HU]	hb / lg	weiß	80	40
Szarvasi Aliz		nb / lg	purpur	80	40
Karolina		nb / lg	weiß	-	40
Comanche	RAGT [F]	hb / kz	weiß	80	-
James		hb / kz	weiß	80	60
Gangster		hb / kz	weiß	80	-
Isard	Agri Obtentions [F]	hb / kz	weiß	80	-
Arkta	Selgen A.S. [CZ]	nb / lg	purpur	-	40
E.F.B. 33	MG Naturland [D]	nb / lg	purpur	-	40
Pandora		nb / kz	weiß	-	40

Ergebnisse und Diskussion

Die Sorten Szarvasi Andrea und Szarvasi Aliz zeigten sehr gute Überwinterungsraten, die mit denen der Sorte E.F.B. 33 vergleichbar waren. Arkta dagegen wies im Mittel der Jahre eine Überwinterungsrate von weniger als 50% auf; die Sorten Comanche, James und Gangster zeigten in Wintern mit stärkeren Frostereignissen ebenfalls niedrige Überwinterungsraten (Böhm 2014). Die kurzstrohigen Sorten wiesen höhere Indizes auf als die langstrohigen Sorten (Tab. 2). Durch den Gemengeanbau konnten die HEB-Indizes bei den langstrohigen Sorten tendenziell verbessert werden. Die Unkrautunterdrückung war in den Gemengen deutlich besser als in den Reinsaaten, kurzstrohige Sorten wiesen eine höhere Verunkrautung auf.

Tab. 2: HEB-Index, Wintererbsen- und Gesamterträge (Erbse und Triticale, Angaben auf Standardfeuchte 14%), Rohprotein- (RP) gehalte der Wintererbsen sowie die RP-Gesamterträge (RS: Reinsaat, GM: Gemenge)

Variante	HEB-Index	Gesamtertrag [dt ha^{-1}]	Wintererbsenertrag [dt ha^{-1}]	RP-Gehalt [% TS]	RP-Gesamtertrag [kg ha^{-1}]
RS: Szarvasi Aliz	0,29 a	28,95 de	28,95 bc	21,58 ef	546,59
GM: Szarvasi Aliz	0,38 ab	42,80 f	33,45 c	22,38 fg	753,97
RS: Szarvasi Andrea	0,32 a	23,35 abcd	23,35 abc	21,24 def	439,22
GM: Szarvasi Andrea	0,52 abc	37,92 ef	24,64 abc	23,32 g	623,82
RS: James	0,96 e	18,20 abc	18,20 ab	20,22 cde	314,41
GM: James	0,97 e	27,43 cd	10,63 a	19,81 bcd	329,90
RS: Gangster	0,88 ed	25,10 abcd	25,10 abc	18,83 bcd	408,12
RS: Isard	0,61 bc	15,64 a	15,64 ab	18,52 bcd	242,17
RS: Comanche	1,00 e	27,57 bcde	29,20 bc	21,14 def	510,22
GM: E.F.B. 33	0,43 ab	43,45 f	33,68 c	22,26 fg	763,22
GM: Arkta	0,47 abc	39,88 f	26,74 bc	21,79 efg	631,69
GM: Karolina	0,47 abc	39,75 f	28,12 bc	21,19 def	644,52
GM: Pandora	0,70 cd	40,00 f	25,37 abc	22,03 fg	624,72
RS: Triticale	1,01 e	16,47 ab	-	6,99 a	121,40

Die Gesamterträge zeigten für die Gemenge mit Szarvasi Aliz, E.F.B. 33, Karolina und Pandora die höchsten Erträge, wobei die Gemenge mit den beiden buntblühenden Sorten Azarvasi Aliz und E.F.B. 33 gleichzeitig die höchsten Wintererbsenerträge aufwiesen (Tab. 2). Den niedrigsten Ertrag wies die Sorte Isard auf, gefolgt von James. Im Gemenge zeigte sich bei der kurzstrohigen Sorte James, dass der Ertragsanteil aufgrund ihrer geringen Konkurrenzkraft mit 38,8% deutlich geringer war als die Wintererbsenertragsanteile in den Gemengen mit den langstrohigen Sorten (Ø 70,3%).

Die Rohproteingehalte der Sorten James, Gangster und Isard lagen auf recht niedrigem Niveau, während sich die Sorten Szarvasi Aliz, Szarvasi Andrea, E.F.B. 33 und Pandora auf einem zumeist signifikant höheren Niveau befanden (Tab. 2). Für den Rohprotein-Gesamtflächenertrag zeigten die Gemenge ihre Vorteile. Hier erzielten die Gemenge mit Szarvasi Aliz und E.F.B. 33 die höchsten Werte. Demgegenüber wiesen die Sorten James in Reinsaat und im Gemenge als auch Isard und Gangster die niedrigsten RP-Gesamterträge auf.

Literatur

Böhm H (2014) Ertragsleistung und Winterhärte von Winterformen der Erbsen (*Pisum sativum* L.) unter norddeutschen Standortbedingungen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 26:102-103

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 24–25 (2017)

Stickstofferträge und Stickstofffixierung in Weizen-Erbsen-Gemengen

Reinhard Neugschwandtner und Hans-Peter Kaul

[1] 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 Stickstoff (N)-Fixierungsleistung der Leguminose, die zu einem geringen Bedarf des Pflanzenbestandes an N-Dünger führen kann (Chalk et al., 1993).

Ziel des Versuches war es, Kornertrag, Stickstoffertrag und die Stickstofffixierung von Weizen und Erbse in Abhängigkeit des Mischungsverhältnisses zu erheben.

Material und Methoden

Der Weizen-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 2011/12 und 2012/13 durchgeführt. Die Versuche wurden Mitte Oktober sowie Mitte März gesät, wobei der Wechselweizen Xenos und die Wintererbse Cherokee verwendet wurden. Die substitutiven Gemenge wurden in folgenden Verhältnissen von Weizen:Erbse (in % an den Reinsaaten) ausgesät: 75:25, 50:50, 25:75 und 12,5: 87,5. Der N-Gehalt in der oberirdischen Biomassse wurde mittels der Dumas-Verbrennungsmethode und der Nitratstickstoff im Boden nach Extraktion mit 0,0125 M $CaCl_2$ photometrisch bestimmt. Die dargestellten Ergebnisse sind Mittelwerte aus den vier Umwelten (zwei Versuchsjahre mit je zwei Anbauterminen).

Ergebnisse und Diskussion

Weizen war die dominante Kultur in den Gemengen, mit sinkendem Anteil an den Gemengen nahm der oberirdische Biomasseertrag von Weizen deutlich geringer ab als jener der Erbse. Die Gesamterträge waren in allen Gemengen höher als in den Reinsaaten von Weizen und Erbse. Das zeigt, dass in den Gemengen eine höhere Nutzung der vorhandenen limitierenden Wachstumsfaktoren (Licht, Wasser und Nährstoffe) stattgefunden hat. Bei beiden Kulturpflanzen nahm mit abnehmendem Anteil an der Saatstärke die Gehalte an N in den Körnern zu (Daten nicht gezeigt; vgl. Neugschwandtner und Kaul, 2016). Die höchsten N-Erträge in der oberirdischen Biomasse wurden in der Reinsaat von Erbse, die niedrigsten in jener von Weizen gefunden. Die N-Erträge der Gemenge lagen zwischen jenen der Reinsaaten.

Mit zunehmendem Erbsenanteil an den Gemengen nahmen die Menge an fixiertem N in der gesamten oberirdischen Biomasse, sowie die Menge an nicht aufgenommenem Nitratstickstoff aus dem Boden, zu. Insgesamt führte das zu einer N-Fixierung von 3,4 g m^{-2} (bei hohem Weizen- und geringem Erbsenanteil) bis zu 13,4 g m^{-2} (bei geringem Weizen- und hohem Erbsenanteil). Die N-Fixierungsleistung lag in allen Gemengen unter jenem der Erbsenreinsaat.

Der Anbau von Weizen-Erbsen-Gemengen kann somit zu höheren oberirdischen Biomasseerträgen als bei den Reinsaaten führen, bei den N-Erträgen und der N-Fixierung liegen die Gemenge jedoch hinter der Erbsenreinsaat.

Tabelle 1: Oberirdische Biomasse von Weizen, Erbse und Weizen+Erbse, N-Ertrag sowie N-Fixierung von Reinsaaten und Gemengen

	OBM (g m^{-2})			N-Ertrag	N_{fix} (g m^{-2})		
W:E (%:%)	W	E	W+E	W+E	OBM	Boden	ges.
100:0	870^{a}	-	870^{b}	$8,3^{f}$		-	-
75:25	892^{a}	82^{e}	974^{a}	$11,5^{e}$	$3,2^{e}$	$0,2^{c}$	$3,4^{e}$
50:50	719^{b}	233^{d}	952^{a}	$16,7^{d}$	$5,4^{d}$	$0,6^{c}$	$5,9^{d}$
25:75	609^{c}	361^{c}	970^{a}	$16,4^{c}$	$8,1^{c}$	$1,3^{bc}$	$9,4^{c}$
12,5:87,5	408^{d}	556^{b}	964^{a}	$19,3^{b}$	$11,0^{b}$	$2,4^{b}$	$13,4^{b}$
0:100	-	831^{a}	831^{b}	$21,9^{a}$	$13,6^{a}$	$5,4^{a}$	$19,0^{a}$

W = Weizen, E = Erbse, OBM = Oberirdische Biomasse

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.

Neugschwandtner, R.W., Kaul, H.-P., 2016. One field – two crops: Increasing protein yield and nitrogen fixation with wheat-pea intercrops. 14th ESA Congress, 5–9th September 2016, Edinburgh, Scotland.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 26–27 (2017)

Ertragsleistung und Unkrautunterdrückungsvermögen von Blauen Lupinen (*Lupinus angustifolius*) im Gemenge mit ausgewählten Partnern und Saatdichten

Charlotte Kling[1] und Herwart Böhm[2]

[1] Hochschule für Nachhaltige Entwicklung, Eberswalde; [2] Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst. E-Mail: *herwart.boehm@thuenen.de*

Einleitung

Die Steigerung des Korn- und Gesamtpflanzenertrags, der Ertragsstabilität sowie einer guten Unkrautunterdrückung von im Gemenge angebauten Körnerleguminosen mit einem Nicht-Leguminosen-Partner ist in einer Vielzahl von Studien belegt. Im Gegen-satz zu Erbsen und Ackerbohnen wurden Lupinen bisher in geringerem Umfang unter-sucht. Dabei besteht bei Lupinen der Bedarf, Sorten zu identifizieren, die eine hohe Konkurrenzkraft gegenüber Unkräutern und Partnern im Gemengeanbau aufweisen.

Material und Methoden

Daher werden in dem Projekt LupiBreed seit 2015 Gemengeanbauversuche mit zwei am Markt etablierten Sorten der Blauen Lupine (endständig: Boruta, verzweigt: Boregine) und seit 2016 zusätzlich mit 8 Pre-Breedinglinien (2 endständig (E), 5 verzweigt (V), 1 intermediär (E/V)) durchgeführt. Die Pre-Breedinglinien (PBL) wurden in einem Mutageneseprogramm des Julius-Kühn-Instituts aus den Sorten Boruta und Boregine entwickelt. Die Blauen Lupinen wurden in 100 % Reinsaatdichte (100 keimfähige Körner (kfK) m^{-2}, Boruta 130 kfK m^{-2}) mit den Partnerkulturen Sommerweizen (*Triticum aestivum*), Hafer (*Avena sativa*) und Leindotter (*Camelina sativa*) in zwei im Vergleich zur Reinsaat reduzierten Saatdichten (Getreide 60 und 120 kfK m^{-2}, Leindotter 200 und 400 kfK m^{-2}) ausgebracht, die im ersten Versuchsjahr ermittelt wurden (Böhm 2016). Als Kontrolle dienten die Reinsaaten aller Kulturen mit den am Standort vorkommenden Unkräutern. Die Feldversuche wurden am Standort Trenthorst des Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (sandiger Lehm, pH 6,7, 696 mm Ø Jahresniederschlag, 9°C Jahresdurchschnittstemperatur) in einer Blockanlage mit 3-facher Feldwiederholung angelegt. Die Parzellen wurden zu den Terminen Sprossentwicklung (0,5 m²), Blüte (0,5 m²) und Reife (1 m²) der Blauen Lupinen per Hand beprobt und die oberirdische Biomasse bzw. der Kornertrag getrennt nach Lupinen, Partnern und Unkraut bestimmt. Zur Beurteilung der Gemengewirkung wurden der relative Gesamtkornertrag (RYT) und die relative Unkrautbiomasse im Vergleich zur Lupinen-reinsaat berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Für alle Varianten konnte eine positive Gemengewirkung in Bezug auf die relativen Gesamterträge sowie das Unkrautunterdrückungsvermögen im Vergleich zur Lupinenreinsaat festgestellt werden (Tab. 1). Lupinen und Partner zeigten ein komplementäres Wachstum, weshalb eine höhere Partnersaatdichte zwar den Lupinenanteil im Gemenge, nicht aber den Gesamtkornertrag verringerte. Lupinenerträge und die Unkrautbiomasse waren in Gemengen mit Leindotter am geringsten, gefolgt von Sommerweizen und Hafer. Dabei war der Einfluss der Partner unabhängig von der Lupinensorte bzw. der PBL. Unterschiede im Ertrag und

im Unkrautunterdrückungsvermögen konnten nicht eindeutig auf die Sortentypen der Blauen Lupine zurückgeführt werden. Da das Unkrautunterdrückungsvermögen im Gemenge vor allem durch den Partner bestimmt wurde, sollte als Zuchtziel die Unkrauttoleranz der PBL fokussiert werden. Diese war vor allem bei PBL 6-V ausgeprägt, die sich durch starkes vegetatives Wachstum und hohe Lupinenkornerträge auszeichnete. Hierdurch wurden die Partner Sommerweizen und Hafer unterdrückt, während Leindotter sich als konkurrenzstark erwies. PBL 4-V bedingte bei langsamer Jugendentwicklung hohe Lupinen- und Gesamtkornerträge, die auf einem Niveau mit der Referenzsorte Boregine-V lagen. Jedoch war das Unkrautunterdrückungsvermögen im Gemenge mit PBL 4-V gering (Tab. 1). Die Lupinen- und Gesamtkornerträge sowie das Unkrautunterdrückungsvermögen im Gemenge mit PBL 1-E waren trotz der geringeren Saatdichte vergleichbar mit Boruta-E. Insgesamt war der Unkrautdruck im Untersuchungsjahr gering, sodass die Ergebnisse noch nicht verallgemeinert werden können. Der Versuch wird im Jahr 2017 wiederholt.

Tab. 1: Kornertrag [g m^{-2} TS] von Lupinen und Partnern, relative Gesamtkornerträge (RYT) sowie oberirdischer Biomasseaufwuchs [g m^{-2} TS] von natürlichem Unkraut und relative Unkrautbiomasse im Vergleich zur Lupinenreinsaat zur Garbenernte in Abhängigkeit der Faktoren Lupine, Partner und Saatdichte.

		Lupine	**Partner**	**Lupine + Partner**	**RYT**	**Unkraut-Biomasse**	**Relative Unkraut-Biomasse**
		Kornertrag [g m^{-2} TS]				[g m^{-2} TS]	
Lupine	Boregine-V	347,2 ef	123,1 [1)]	470,2 e	1,12 ab	18,34 a	0,48 cde
	Boruta-E	298,9 bd	148,0 [1)]	446,8 cde	1,13 ab	13,90 a	0,21 a
	PBL 1-E	304,6 cd	152,4 [1)]	457,1 de	1,18 bc	18,73 a	0,44 bcd
	PBL 2-E/V	280,0 ab	152,4 [1)]	432,5 bcd	1,10 a	16,91 a	0,22 ab
	PBL 3-E	260,0 a	168,0 [1)]	428,0 bc	1,15 ab	19,18 ab	0,30 abc
	PBL 4-V	323,3 de	145,2 [1)]	468,5 e	1,22 cd	39,76 d	0,51 cde
	PBL 5-V	306,4 cd	146,4 [1)]	452,8 cde	1,12 ab	30,47 cd	0,61 de
	PBL 6-V	347,9 f	89,4 [1)]	437,3 cd	1,16 abc	29,54 bd	0,85 f
	PBL 7-V	278,0 ab	128,6 [1)]	406,5 ab	1,26 d	23,58 abc	0,67 ef
	PBL 8-V	284,6 bc	106,4 [1)]	390,9 a	1,19 bc	16,81 a	0,32 abc
Partner	Leindotter	283,7 [1)]	77,2 [1)]	360,9 a	1,24 c	15,81 a	0,33 a
	Hafer	322,3 [1)]	153,7 [1)]	476,0 b	1,09 a	24,63 b	0,50 b
	So-Weizen	303,2 [1)]	177,1 [1)]	480,3 b	1,16 b	27,72 b	0,56 b
Saat-dichte	niedrige	325,7 [1)]	115,3 [1)]	441,0 n.s.	1,15 n.s.	27,31 b	0,57 b
	hohe	280,5 [1)]	156,6 [1)]	437,1 n.s.	1,17 n.s.	18,13 a	0,36 a

PBL = Pre-Breedinglinie, Dreifaktorielle Varianzanalyse mit anschließendem Tukey-Test; unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p < 0,05$). [1)] Wechselwirkungen sind nicht dargestellt.

Literatur

Böhm H (2016) Entwicklung eines Prüfsystems zur Erfassung und Bewertung der Unkraut unterdrückenden Wirkung für Blaue Lupinen. Julius-Kühn-Archiv 452:464-470

Die Förderung des Vorhabens (FKZ 2814EPS007) 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 der Eiweißpflanzenstrategie.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 28–29 (2017)

Konsequenzen verringerter atmosphärischer Schwefeldepositionen auf die Schwefelversorgung und Düngung der Schmalblättrigen Lupine

Frank Pötzsch, Guido Lux und Knut Schmidtke

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie, Fachgebiet Ökologischer Landbau. E-Mail: *frank.poetzsch@htw-dresden.de*

Einleitung

Hohe Kornertrags- und symbiotische N_2-Fixierleistungen von Körnerleguminosen lassen sich nur bei ausreichender Nährstoffversorgung erzielen, so auch der Versorgung mit Schwefel. Die N_2-Fixierleistung von Leguminosen ist eng an eine ausreichende Schwefelversorgung der Pflanze geknüpft (LANGE 1998). Die Schwefelversorgung der Pflanzen über atmosphärische Einträge nimmt in vielen Regionen der Welt deutlich ab. So lag die jährliche Gesamtdeposition an Schwefel in Deutschland im Jahr 2007 noch bei sieben bis acht kg ha^{-1} a^{-1}, sinkt aber bis 2020 voraussichtlich auf unter fünf kg ha^{-1} a^{-1} ab (GAUGER 2013). Hauptursache dafür sind die seit den 1970er bis 1980er Jahren rückläufigen SO_2-Emissionen in weiten Teilen der Welt, so auch in Europa (PEDERSEN et al. 1998). Diese nachlassenden atmosphärischen Schwefeldepositionen haben unter anderem zum vermehrten Auftreten von Schwefelmangel in Pflanzen geführt (SCHERER 2001).
Angaben zu Höhe der S-Aufnahme in Korn und Stroh sowie absoluten Bedarf je Hektar der Schmalblättrigen Lupine liegen bisher aus Freilandstudien nicht vor. Deshalb wurden im Rahmen der nachfolgend beschriebenen Feldversuchsserie untersucht, wie hoch die S-Aufnahme der Schmalblättrigen Lupine ist.

Material und Methoden

In den Jahren 2012 bis 2014 wurden Feldversuche auf mehreren Standorten in Deutschland zur Schwefeldüngung der Schmalblättrigen Lupine auf langjährig (> 10 Jahre) ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen durchgeführt. Die Anlage der Feldversuche erfolgte als randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung mit einer Parzellengröße von 10,0 m × 1,35 m. Die Düngemittel Kieserit - $MgSO_4$ (K), Gips - $CaSO_4$ (G) und elementarer Schwefel (E) wurden direkt vor der Saat der Körnerleguminosen circa 4 cm tief in den Boden eingearbeitet (40 kg S ha^{-1}). Zudem fand eine Blattdüngung mit Bittersalz - $MgSO_4$ (B), Präparat EPSO Top®, S-Gehalt 13%, zu drei Terminen zwischen BBCH 31 und BBCH 60 der Körnerleguminosen statt: 8,4 kg S ha^{-1} in einer 10,6 prozentigen Lösung, verteilt auf drei Gaben (200 l ha^{-1} je Termin entspricht 2,8 kg S ha^{-1} je Applikation). Es wurde zusätzlich eine nicht mit S gedüngte Kontrollvariante etabliert (O). Die Schmalblättrige Lupine (Sorte Boregine – verzweigter Sortentyp) wurde in einer Saatdichte von 95 keimfähigen Samen m^{-2} und einem Reihenabstand von 0,15 m ausgesät.
Die von Hand geernteten Teilkomponenten Stroh- und Kornmasse wurden jeweils bis zur Gewichtskonstanz bei 55°C getrocknet und deren TM-Gehalte berechnet. Zur Ermittlung der Restfeuchte wurden Teilproben bei 105°C getrocknet. Für die Bestimmung des C-, N- und S-Gehaltes in Blatt, Stroh und Korn der Lupine wurden die Pflanzenproben getrocknet und anschließend vermahlen. Die C-, N- und S-Gehalte wurden unter Verwendung eines Elementar-Analysators (EuroEA3000-Analyser – Hekatech, Germany) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In Tabelle 1 sind die TM-Erträge, die N- und S-Akkumulation, die S-Gehalte sowie die Ernte-Indizes der Schmalblättrigen Lupine dargestellt. Aufgrund von signifikanten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Umwelt und Düngung, wurden keine Mittelwerte für die Parameter S-Gehalt in Stroh und Spross berechnet. Der Korn-, Stroh- und Sprossertrag sowie die N-Akkumulation im Spross der Schmalblättrigen Lupine wurden durch die Schwefeldüngung nicht signifikant beeinflusst. Im Mittel wurde ein Kornertrag von 1,88 t ha^{-1} erreicht. Die Böden der Umwelten waren vermutlich ausreichend mit pflanzenverfügbaren S versorgt, um den S-Bedarf der Schmalblättrigen Lupine in Bezug auf Ertragsbildung und N_2-Fixierung zu decken, weshalb eine S-Düngung zu keiner Ertragssteigerung führte. Der S-Gehalt im Korn wurde nach Düngung von Kieserit signifikant gesteigert, was sich allerdings nicht in einer signifikanten Erhöhung der S-Akkumulation widerspiegelte. Im Mittel der Umwelten betrug die S-Akkumulation im Spross der Lupinen zwischen 12,0 kg ha^{-1} (O) und 13,7 kg ha^{-1} (K).

Tab.1: TM-, N- und S-Ertrag sowie S-Gehalt und Ernte-Indizes der Schmalblättrigen Lupine

	Ertrag (Mg ha^{-1})			N-Ertrag (kg ha^{-1})	S-Ertrag (kg ha^{-1})			S-Gehalt (%)					HI	N HI	S HI
	Korn	Stroh	Spross	Spross	Korn	Stroh	Spross	Blatt[1)]	Korn		Stroh	Spross			
Umwelt	***	***	***	***	***	***	***	***	***		***	***	***	***	***
Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	**		**	**	n.s.	n.s.	*
Umwelt x Düngung	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.		*	*	n.s.	n.s.	n.s.
Multipler MW-vergleich									S	*					S
Kontrolle (O)	1,94	2,69	4,78	123,92	4,93	7,09	12,02	0,24	0,26	b			0,44	0,81	0,44
Elementarer S €	1,93	2,52	4,61	116,82	4,89	7,04	11,74	0,24	0,26	b			0,45	0,83	0,44
Bittersalz (B)	1,90	2,64	4,68	122,69	5,06	7,68	12,62	0,23	0,27	ab			0,44	0,81	0,43
Gips (G)	1,82	2,66	4,63	121,09	4,94	8,21	13,16	0,25	0,28	ab			0,43	0,80	0,40
Kieserit (K)	1,82	2,50	4,46	117,33	5,05	8,75	13,69	0,25	0,29	a			0,45	0,82	0,38

Signifikanzniveau: *,**,*** signifikant für $p < 0,05, 0,01, 0,001$; n.s., nicht signifikant; S, Scheffe-Test; HI, Harvest-Index; [1)] BBCH 60 – 65

Der N-Harvest-Index schwankte zwischen 0,80 (G) und 0,83 (E). Der S-Harvest-Index lag deutlich unter den Werten des N-Harvest-Index und war nach Düngung von Kieserit mit 0,38 im Mittel der Umwelten signifikant geringer als in der Kontrolle mit 0,44 ($p < 0,05$). Daraus lässt sich ableiten, dass der akkumulierte Schwefel nach einer Kieserit-Düngung zum größeren Teil im Stroh enthalten war, was zu einer Absenkung des S-HI führte. Ein Großteil des von der Schmalblättrigen Lupine aufgenommenen Schwefels verbleibt demnach in Form des Strohs auf dem Feld und wird nicht mit den Ernteprodukten abgefahren. Trotz nachlassender atmosphärischer Schwefeldepositionen ist eine S-Düngung zu Schmalblättriger Lupine unter den geprüften Bedingungen des ökologischen Landbaus in Deutschland offenbar nicht erforderlich.

Literatur

Gauger, T. (2013): Erstellung einer methodenkonsistenten Zeitreihe von Stoffeinträgen und ihren Wirkungen in Deutschland, Teil 2 Abschlussbericht (UBA)

Lange, A. (1998): Influence of S supply on the biological nitrogen fixation of legumes. Dissertationsschrift an der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn

Pedersen, C. A., Knudsen, L. & Schnug, E. (1998): Sulphur Fertilisation. In: Sulphur in Agroecosystems, (Hrsg. Schnug, E.), Kluwer Academic Publishers, 115-134

Scherer, H. W. (2001): Sulfur in crop production - invited paper, European Journal of Agronomy 14, 81-111

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 30–31 (2017)

Mischanbau von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit Leindotter (*Camelina sativa* Crantz): Untersuchungen zum Konkurrenzgefüge, Beikrautunterdrückung und N-Fixierungsleistung

H. Saucke, C. Dinkel und V. Schmidt

Universität Kassel, Fachbereich Ökologische Agrarwissenschaften, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen; E-Mail: *hsaucke@uni-kassel.de*

Einleitung

Körnerleguminosen im Mischanbau mit Getreide oder Leindotter als Stützfrucht gelten als ressourceneffizienter als entsprechende Reinsaaten und werden insbesondere zur Beikrautunterdrückung empfohlen (Haugaard-Nielsen et al. 2001; (Saucke und Ackermann 2006, Peoples et al. 2009). Ziel der vorliegenden Arbeit war es, das Konkurrenzgefüge zwischen Ackerbohne, Leindotter und Beikrautfraktion zu charakterisieren, denn bisher liegen kaum Erfahrungen zum Mischanbau von Ackerbohnen mit Leindotter vor.

Material und Methoden

Der Feldparzellenversuch 2016 mit je 4 Wiederholungen enthielt für die Ackerbohnen-Reinsaat zusätzlich zwei Bodenbearbeitungsvarianten, a) mechanische Beikraut-regulierung (gehackt) und b) angewalzter Boden ab Ansaat ohne weitere Bodenbearbeitung. Die additive Mischung (Ackerbohne 'Fuego', 45 Körner/m2; Leindotter 'Ligena', 560 Korn/m2), war ebenfalls in 2 Varianten c) „gewalzt“ und d) „ungewalzt“ als praxisübliche Ackerbohnenreihensaat mit 25 cm Reihenabstand und zeitgleicher Leindotter-Breitsaat angelegt. In der Leindotter-Reinsaatvariante e) gleicher Saatstärke ohne Ackerbohnen-Einsaat erfolgte keine weitere mechanische Beikrautregulierung. Die Bestimmung der Trockenmassen und N-Gehalte zur abgehenden Blüte (BBCH 67) und Ertragsparameter zur Druschreife wurden anhand von zwei 0,5 m^2-Ernten je Parzelle nach VDLUFA (1997) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Erwartung entsprechend war der Feldaufgang beider Mischungspartner mit durchschnittlich 48 Ackerbohnen-, bzw. 240 Leindotterpflanzen/m^2 in den jeweiligen Varianten vergleichbar. Die Beikrautparameter Deckungsgrad, Trockenmasse und N-Gehalt fielen in den Mischanbauvarianten signifikant geringer aus, als in den jeweiligen Reinsaaten. Ackerbohnen erreichten in allen Mischungsvarianten zum Zeitpunkt der Blüte mit >80% gebundenem Luftstickstoff signifikant höhere Werte, als in gehackter Ackerbohnenreinsaat mit signifikant geringerem Fixierungsanteil von 60%. Im Vergleich zur Ackerbohnenreinsaat senkte der nichtregulierte Beikrautaufwuchs den bodenbürtigen N-Anteil in Ackerbohnen um signifikante 44%, bei sonst unverändert hohem symbiontisch fixiertem N-Anteil. Demgegenüber hatte die Leindotterbreitsaat einen leicht reduzierenden Einfluss sowohl auf die boden- als auch luftbürtige N-Festlegung der Ackerbohne und auf die resultierende N-Gesamtmenge in der Kulturpflanzenfraktion. Die relativen Kornerträge der Mischbestände waren denen der Reinsaaten mit LERs (land equivalent ratios) von 1,41 „gewalzt“ und 1,3 „ungewalzt“ überlegen. Dennoch lag der Ackerbohnenertrag in der gehackten, praxisüblichen Reinsaatvariante mit mechanischer Beikrautregulierung um den Faktor 1,4 signifikant höher als in der gewalzten

Mischfruchtanbau-Variante (Abb. 1). Die ungewalzte Variante 4 nahm eine Mittelstellung ein. Im Endergebnis blieben die ungehackte Var. 2 und die aufsummierten Teilerträge der Mischungspartner (Var. 3, 4) mit durchgehend ca. 10 dt/ha Differenz hinter dem Ertrag der gehackten Ackerbohnenreinsaat (Var. 1) zurück, wenn auch nicht signifikant (Abb. 1).

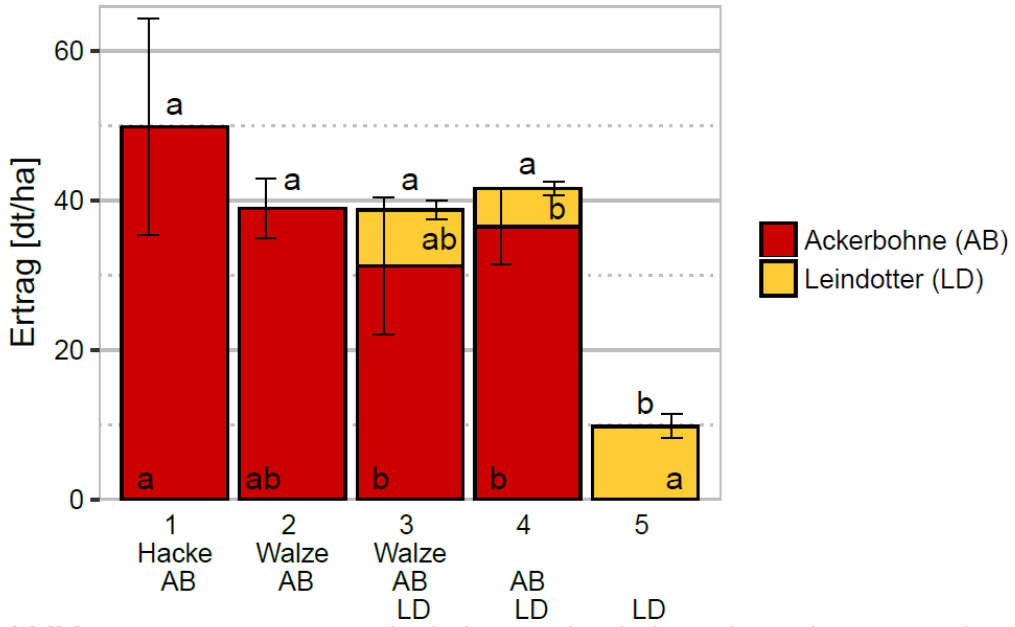


Abbildung 1: Erträge von Ackerbohne und Leindotter in Varianten 1-5 (31.08.2016, Neu-Eichenberg).

Die ertragliche Besserstellung der gehackten Ackerbohnenreinsaat wird auf die zusätzliche Ausnutzung bodenverfügbaren Stickstoffs infolge verminderter Beikraut-, bzw. Leindotterkonkurrenz zurückzuführen sein. Zwar wurde die Beikrautfraktion durch den Mischungspartner Leindotter weitgehend „ersetzt“, jedoch wurde diese Boden-N-Verknappung nur teilweise über eine verstärkte symbiontische N-Fixierung der Ackerbohne kompensiert und mit Leindotter-Zusatzertrag ergänzt. Die recht ausgewogenen LER-Teilerträge für Ackerbohne als auch für Leindotter mit Werten > 0,5 deuten darauf hin, dass sich beide Mischungskomponenten als ähnlich kompetitive Hauptfrüchte verhalten. Pflanzenbauliche Folgeversuche zielen darauf ab, die Konkurrenzwirkung des Leindotters gegenüber der Ackerbohne zu mildern und zu Gunsten der Zielfrucht Ackerbohne zu verschieben.

Literaturverzeichnis

Haugaard-Nielsen, H.; Ambus, P.; Jensen, E. S. (2001): Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. In: *Field Crops Research* 70, S. 101–109.

Peoples, M. B.; Brockwell, J.; Herridge, D. F.; Rochester, I. J.; Alves, B.J.R.; Urquiaga, S. et al. (2009): The contributions of nitrogen-fixing crop legumes to the productivity of agricultural systems. In: *Symbiosis* 48, S. 1–17.

Saucke, H.; Ackermann, K. (2006): Weed suppression in mixed cropped grain peas and false flax (*Camelina sativa*). In: *Weed Research* 46 (6), S. 453–461.

VDLUFA (1997): Methodenbuch III. Die chemische Untersuchung von Futtermitteln. Darmstadt

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 32–33 (2017)

Dissecting genetic variability in light interception and light use efficiency in complex maize canopies links high-throughput phenotyping, field experiment and crop models

Tsu-Wei Chen[1,2], Christian Fournier[1,3], Llorenç Cabrera-Bosquet[1], Claude Welcker[1] and François Tardieu[1]

[1] INRA, UMR759 Laboratoire d'Ecophysiologie des Plantes sous Stress Environnementaux, Montpellier; [2] Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Hannover; [3] INRIA, Virtual Plants, Montpellier. E-Mail: *chen@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

In a context of insufficient food production, improving biomass production is a necessity challenge. The relative contribution of different traits to biomass accumulation has been analyzed by Monteith (1977) by radiation interception interception efficiency (RIE) and radiation use efficiency (RUE). Understanding the genetic and environmental controls of RIE and RUE is essential for crop improvement. Methods are required for precise analyses of RIE and RUE over the hundreds of genotypes required for genetic analyses. Because these traits are integrative, they often have a low heritability so they need to be dissected into simpler and potentially more heritable traits.

Material und Methoden

We have studied a panel of 255 maize hybrids (Millet et al., 2016), genotyped with 900 000 polymorphic markers, in four experiments in a high-throughput phenotyping platform allowing imaging of 1680 plants from 13 views every day (Cabrera-Bosquet et al., 2016). Images were integrated into the InfraPhenoGrid scientific workflow system (Pradal et al., 2017) which allows reproducibility of analyses. They were then used to reconstruct the dynamic 3D architecture of each plant and of the whole canopy in the platform, with high spatial resolution and accuracy. Combining biomass estimation of each plant with the modelling of light interception in the reconstructed platform canopy, RIE and RUE of 1680 plants in the platform were calculated and dissected into components. An index of competitiveness, based on 3D representations, was designed to account for the ability of each genotype to compete for light.

Ergebnisse und Diskussion

The genetic components of RIE (leaf area and competitiveness) and RUE (dependency of RUE to light) showed high heritability (>0.6) and were dissected into quantitative trait loci (QTLs) that co-located with those of biomass. Existing genetic variabilities in both leaf area and competitiveness influenced biomass up to ±30%, but that of RUE affected biomass by only ±12%, indicating that traits related to leaf expansion and plant architecture are more determinant for biomass production than traits related to RUE.

The 3D maize plants were used to simulate virtual fields involving either single genotypes or varietal mixtures. Virtual experiments suggest that differences in biomass of a genotype between pure stand and varietal mixture were mainly linked by the competitiveness index of the studied genotype, as defined above. This

indicates the importance of genetic controls of architectural responses to light competition in the complex canopies used by breeders for the first generations of selections. Virtual fields also provide estimation of parameters, e.g. light extinction coefficient, using in crop models with high heritability and QTLs detected.

In conclusion, reconstructing 3D architecture of canopy in a high-throughput phenotyping platform allows analyzing genetic variability and QTLs of traits determining RIE and RUE. Our virtual experiments fill the gap between platform and field experiments and can be used for crop model improvement.

Literatur

Cabrera-Bosquet L, Fournier C, Brichet N, Welcker C, Suard B, Tardieu F (2016) High-throughput estimation of incident light, light interception and radiation-use efficiency of thousands of plants in a phenotyping platform. New Phytol 212: 269–281.

Millet EJ, Welcker C, Kruijer W, Negro S, Coupel-Ledru A, Nicolas SD, Laborde J, Bauland C, Praud S, Ranc N, Presterl T, Tuberosa R, Bedo Z, Draye X, Usadel B, Charcosset A, van Eeuwijk F, Tardieu F (2016) Genome-wide analysis of yield in Europe: Allelic effects bary with drought and heat scenarios. Plant Physiol 172: 749–764

Monteith JL (1977) Climate and efficiency ofcrop production in Britain. Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B: Biological 281: 277–294.

Pradal C, Artzet S, Chopard J, Dupuis D, Fournier C, Mielewczik M, Nègre V, Neveu P, Parigot D, Valduriez P, Cohen-Boulakia S (2017) InfraPhenoGrid: A scientific workflow infrastructure for plant phenomics on the Grid. Future Generation Computer Systems 67: 341–353.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 34–35 (2017)

Modelling leaf growth of tomatoes (*Solanum pennellii* x M-82) introgression lines under varying vapor pressure deficits and soil drying

San Shwe Myint, Dany Pascal Moualeu, Andreas Fricke and Hartmut Stützel

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

Introduction

For generic modeling of environmental stress on plants' performance, accurate description of leaf growth at organ and canopy level under stressed and unstressed conditions are a prerequisite. The differences in the rate of leaf canopy development among genotypes are known to be influenced by environmental conditions through a combination of hydraulic and metabolic controls. Under optimal environmental conditions, leaf elongation and expansion generally follow the typical sigmoidal curve as a function of thermal time (Chapman et al., 1993). Genotypic differences in leaf development can be observed when plants are exposed a high vapor pressure deficit (VPD) or low soil water potential. Generally, genotypes with structural sensitivity to a high VPD would produce smaller leaf areas than insensitive ones. Depending on the water stress scenario, reduced leaf development under water stress may limit light interception and ultimately dry mass productivity. For most crops, the relative leaf expansion rate of drought stressed plants follows a linear decay function in relation to a decreasing soil water fraction below a certain threshold. This project aimed to model and to simulate the leaf growth dynamics of tomatoes introgression lines subjected to soil drying and different VPD scenarios and to quantify the genotype coefficients and parameters of structural adaptation.

Materials and Methods

Experiments were conducted in a greenhouse from June to November 2016 at the Institute of Horticultural Production Systems, Vegetable Systems Modelling Section, Leibniz Universität Hannover. Fifty-two genotypes (50 introgression lines (ILs) and donor (*Solanum pennellii*) as well as recurrent (M82) parent lines) and two drought treatments (well-watered and droughted) were set in a two-factorial RCB design with three replications, executed as blocks sequentially. Drought was induced by withholding water starting at the 7^{th} leaf-stage. Daily transpiration was measured gravimetrically and data on plant height, leaf number and leaf length of all leaves were recorded twice a week. When the stressed plants showed 10% transpiration of the well-watered plants, plants were harvested and leaf areas and shoot biomass were measured destructively. Parameterization for genotype specific leaf appearance rate (LAR, number $°Cd^{-1}$) and elongation rate (LER, cm $°Cd^{-1}$) were performed using linear and three-parameter logistic functions of thermal time (°Cd). Soil water threshold (Ci) for relative leaf extension rate (RLER) was estimated as a function of the fraction of transpirable soil water (FTSW) using a linear plateau regression model as described in Liu and Stützel (2002). Evaporative demand was described by the mean daily vapor pressure deficit (VPD). Both thermal time and VPD were computed using actual daily mean temperatures and relative humidities. The base temperature for leaf elongation of all ILS was computed as mentioned in Chen *et al.* (2014) by linearly extrapolating the slope of the normalized maximum leaf elongation rate of leaf 7 at 20°C of the recurrent parent (M-82) as a function of the daily mean

temperature. Normalized final leaf length ($LL_{f,\ norm}$) was described with a Cauchy-Lorentz curve (bell-shape function). The area of a leaf (cm^2) was computed based on the exponential relationship between leaf length and area for specific ILs. From the measured leaf area and leaf dry weight at harvest time, specific leaf area (SLA) of individual leaves were also calculated. Data analysis and modelling work were performed by using SAS 9.4 and Vensim PLE 6.3, respectively.

Results and Discussion

Taking into account VPD effects, the current leaf growth model showed a good estimation of individual leaf elongation with respect to thermal time. Soil drying and increase in VPD showed independent effects on LER. This result was in line with the finding of Tardieu *et al.* (2000) in maize. Therefore, a linearly decreasing trend of maximum LER was observed with an increase in VPD. Using empirically fitted functions, key phenological traits like the phyllochron and reference thermal time (here denoted as T_{ref}) required to reach half of the final leaf length were stable for most ILs. Tardieu *et al.* (1999) also mentioned that the duration and rates of leaf elongation expressed in thermal time were similar to several experiments at different temperatures and other growing conditions. T_{ref} was not even affected by drought stress although the actual value of maximum leaf length of stressed plants was lower than in the control. This was therefore used as a constant variable at organ level for the dynamic model. The declining trend of FTSW against time under drought condition fitted well to an exponential decay function for most ILs, except for the donor parent and few ILs with sparse canopies. This empirical relationship was then used to estimate the model parameters. The next step of the work is to include the water relation traits and SLA as genotype specific variables and other environmental factors, especially PAR and soil water potential as input variables.

Literature

Chapman, S.C., Hammer, G.L., Palta, J.A. (1993). Predicting leaf area development in sunflower. *Field Crops Research* 34: 101-112.

Chen, T.W., Nguyen, T.M.N., Kahlen, K., Stützel, H. (2014). Quantification of the effects of architectural traits on dry mass production and light interception of tomato canopy under different temperature regimes using a dynamic functional-structural plant model. *J. Exp. Bot*. 65(22): 6399-6410.

Liu, F., Stützel, H. (2002). Leaf expansion, stomatal conductance and transpiration of vegetable amaranth (*Amaranthus* sp.) in response to soil drying. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 127(5): 878-883.

Tardieu, F., Granier, C., Muller, B. (1999). Modelling leaf expansion in a fluctuating environment: are changes in specific leaf area a consequence of changes in expansion rate? New Phytol. 143: 33-43.

Tardieu, F., Reymond, M., Hamard, P., Granier, C., Muller, B. (2000). Spatial distributions of expansion rate, cell division rate and cell size in maize leaves: a synthesis of the effects of soil water status, evaporative demand and temperature. J. Exp. Bot. 51(350): 1505-1514.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 36–37 (2017)

Entwicklung von Algorithmen zur teilflächenspezifischen N–Düngung

Ingo Pahlmann, Ulf Böttcher und Henning Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker und Pflanzenbau
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. E-Mail: *pahlmann@pflanzenbau.uni-kiel.de*

Einleitung

Eine teilflächenspezifisch optimale N-Düngung steigert die N-Effizienz ackerbaulicher Anbausysteme, ohne dass dabei Produktivitätseinbußen hingenommen werden müssen. Daher kann sie ein wichtiger Baustein im Bemühen um eine nachhaltige Intensivierung sein. Dennoch ist die Zahl pflanzenbaulich fundierter und publizierter Algorithmen für eine teilflächenspezifische N-Düngung überschaubar. Es stellt sich die Frage, inwieweit Erkenntnisse und Konzepte der schlageinheitlichen Düngebedarfsermittlung auf die teilflächenspezifische N-Düngung übertragbar sind. Für die Kulturen Winterraps und Winterweizen wurden mögliche Bestimmungsgrößen einer teilflächenspezifischen N-Düngung untersucht.

Material und Methoden

Eine Düngebedarfsermittlung folgt häufig einem Bilanzkonzept, bei dem N-Angebot und N-Bedarf durch die N-Düngung in Übereinstimmung gebracht werden sollen. Quantitativ dominieren in diesen Bilanzkonzepten die N-Aufnahme des Bestandes, nicht zu tief verlagerte N_{min}-Reste der vorhergehenden Vegetationszeit, die N-Nachlieferung aus der Mineralisation im Vegetationsverlauf und die N-Düngung.
Aufbauend auf den Erkenntnissen zur schlageinheitlichen Düngung im Winterraps (Henke et al. 2009, Sieling et al. 2009) wurden teilflächenspezifische N-Steigerungsversuche im Raps (Müller et al. 2008) mit einem angepassten Schätzverfahren ausgewertet und erfolgreich in einen Düngealgorithmus überführt (Pahlmann et al. 2016, 2017).
Für den Winterweizen wurde ausgehend vom schlageinheitlichen Konzept einer modellbasierten jahresspezifischen Düngeempfehlung (Ratjen & Kage 2015) eine Übertragbarkeit dieses Konzepts in teilflächenspezifische Algorithmen geprüft. In den Jahren 2014 bis 2016 wurden dazu teilflächenspezifische Versuche mit Winterweizen auf Betriebsschlägen des Versuchsguts Hohenschulen bei Kiel angelegt, in denen geprüft werden sollte, welche der Bestimmungsgrößen einer schlageinheitlich optimalen Düngung auch teilflächenspezifisch bedeutend sind.

Ergebnisse und Diskussion

Für die schlageinheitliche Düngung von Winterraps konnte nur die N-Aufnahme des Bestandes im Herbst als entscheidende Bestimmungsgröße identifiziert werden. N_{min}-Gehalte zu Vegetationsbeginn, Ertragspotential oder N-Nachlieferung besaßen wenig bis keinen Einfluss oder keine ausreichende, nutzbare Variation (Henke et al. 2009, Sieling et al. 2009). Die Analyse teilflächenspezifischer Daten ergab, dass die N-Aufnahme des Bestandes auch für die teilflächenspezifische Düngung nutzbar ist, wenngleich Anpassungen notwendig sind und die teilflächenspezifische Variation der Mineralisation größere Bedeutung hat (Pahlmann et al. 2016).
Die Bemessung der optimalen schlageinheitlichen N-Düngung im Weizen basiert auf einer modellierten Ertragserwartung, gemessenen N_{min}-Gehalten und modellbasiert variierter N-Nachlieferung. Da Fortschritte im Bereich der Modellierung

teilflächenspezifischer Ertragspotentiale (Johnen et al. 2014) eine Prognose des teilflächenspezifischen N-Bedarfs greifbar erscheinen lassen, wurde insbesondere der Einfluss dieser Komponente auf das N-Düngeoptimum untersucht.
Die ersten Ergebnisse weisen einen deutlichen Jahreseffekt auf, deuten jedoch darauf hin, dass das Ertragspotential nur einen geringen Teil der beobachteten teilflächenspezifischen Variation der optimalen N-Düngung erklären kann. Teilweise scheint ein solcher, zunächst erwarteter Zusammenhang auch vollständig zu fehlen. Gemessen an der Bedeutung des Ertragspotentials scheinen teilflächenspezifische Unterschiede im bodenbürtigen N-Angebot, eine wichtige bis dominierende Rolle zu spielen. Im Versuch konnte dabei nicht differenziert werden, ob hierbei Unterschiede der N_{min}-Gehalte zu Vegetationsbeginn oder die N-Dynamik im weiteren Vegetationsverlauf entscheidend sind. Dies könnte die Entwicklung valider Algorithmen zur teilflächenspezifischen Weizendüngung deutlich erschweren, da zum Einen die räumlich hochauflösende Erfassung der N_{min}-Gehalte mit gegenwärtigen technischen Mitteln nicht realistisch erscheint und zum Anderen eine teilflächenspezifische Modellierung der N-Dynamik die differenzierte Parametrisierung der Bodeneigenschaften einer jeden betrachteten Teilfläche erfordert. Letzteres ist zwar experimentell möglich, eine Umsetzung in die landwirtschaftliche Praxis erfordert allerdings, dass die hierzu notwendigen Daten schlagkräftig und nicht-destruktiv erhoben werden können. Ein interessanter Ansatzpunkt ist dabei ggf. die Möglichkeit, Teilflächen bezüglich ihres N-Nachlieferungspotentials mittels nicht-destruktiv geschätzter N-Aufnahme geeigneter Pflanzenbestände zu charakterisieren: Im Versuchsjahr 2014 befand sich der Versuch auf einer Fläche, zu der spektrale Reflexionsmessungen aus vergangenen Versuchen vorlagen. Es zeigte sich, dass historische Messungen der N-Aufnahme von Winterrapsbeständen mit dem teilflächenspezifischen N-Düngeoptimum des untersuchten Weizenbestandes korrelierten.

Literatur

Sieling K., Sauermann, W., Kage, H. (2009): Optimierung der Stickstoffdüngung zu Winterraps durch schlagspezifische Berücksichtigung von Bestandesparametern und Ertragspotenzial. Abschlussbericht für die Union zur Förderung von Öl- und Proteinpflanzen e. V.

Henke, J., Sieling, K. Sauermann, W., Kage, H. (2009): Analysing Soil and Canopy Factors Affecting Optimum Nitrogen Fertilization Rates of Oilseed Rape (Brassica Napus). J. Agric. Sci. 147, 1–8.

Johnen, T., Boettcher, U. Kage, H. (2014): An analysis of factors determining spatial variable grain yield of winter wheat. Eur. J. Agron. 52, 297-306.

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.). Biosyst. Eng. 101, 172–182.

Pahlmann, I., Böttcher, U., Kage, H. (2016): Evaluation of small site-specific N fertilization trials using uniformly shaped response curves. Eur. J. Agron. 76 87-94.

Pahlmann, I., Böttcher, U., Kage, H. (2017): Developing and testing an algorithm for site-specific N fertilization of winter oilseed rape. Comput. Electron. Agric. 136, 228-237.

Ratjen, A.M., Kage, H., 2015. Forecasting yield via reference- and scenario calculations. Comput. Electron. Agric. 114, 212 – 220

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 38–39 (2017)

Modelling dynamic leaf photosynthesis based on nitrogen turnover depending on leaf age, light and nitrogen supply

Yi-Chen Pao, Dany Pascal Moualeu-Ngangue, Tsu-Wei Chen and Hartmut Stützel

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University of Hanover, Hanover.
E-Mail: *pao@gem.uni-hannover.de*

Introduction

For continuous leaf-forming species, the acclimation of leaf photosynthesis to highly heterogeneous within-canopy light environment is a key mechanism of maximizing canopy photosynthesis under a given condition. The age-dependent modification in physiological traits of the leaf also occurs during leaf life span. In order to better understand this complex interplay between ontogeny and environmental factors, a dynamic leaf photosynthesis model was constructed based on mechanistic concept of photosynthetic nitrogen (N) turnover using cucumber leaves as plant materials.

Material and Methods

In this model, the net change of N concentration of a photosynthetic function *x* is the outcome of synthesis (S_x) and degradation (D_x) of the corresponding photosynthetic N (N_x):

$$\mathrm{d}N_x/\mathrm{d}t = S_x - D_x \quad (1)$$

The capacity of function *x*, i.e. maximum carboxylation rate (V_{cmax}) or maximum electron transport rate (J_{max}), can then be calculated from N_x (N_v stands for Rubisco N and N_j for electron transport N) at a given time.

The synthesis process is described by a logistic curve with thermal age (t, ^{o}Cd):

$$S_\mathrm{x} = S_{\mathrm{max},x}/\{1 + \exp[(t - b_\mathrm{a})/c_\mathrm{a}]\} \quad (2)$$

The degradation process is assumed governed by first-order kinetics with a degradation coefficient $D_{r,x}$:

$$D_\mathrm{x} = D_{\mathrm{r},x} \cdot N_\mathrm{x}(t) \quad (3)$$

In order to parameterize the model, cucumber plants were cultivated hydroponically in one climate chamber experiment (Expt 1) under three constant light intensities in combination (Table 1) with three N supply levels (35, 70, 140 mmol N L^{-1}), where one leave per plant was selected and kept well exposed to the light. Leaves with different ages were sampled for gas exchange and N analysis. V_{cmax} and J_{max} were estimated from the gas exchange measurements. N_v and N_j were estimated then from V_{cmax} and J_{max} (Buckley *et al*., 2013).

Another two climate chamber experiments (Expt 2a and 2b) were conducted in order to evaluate the model performance (Table 1). Three leaves per plant were selected and kept well exposed to three different light intensities during leaf development until 16 days after leaf appearance. The plants were then transferred to another light intensity for two weeks. The measurements were carried out right before the light switch and then every three days after the switch. V_{cmax} and J_{max} were estimated from the gas exchange measurements (Moualeu-Ngangue *et al*., 2016).

Table 1. Experimental conditions (unit: mol photon m^{-2} d^{-1} for light).

Condition	Expt 1	Expt 2a	Expt 2b
Plants per 25-L box	1	3	2
High light (H) level	28.9	38.1	28.4
Medium light (M) level	14.2	21.8	16.5
Low light (L) level	4.4	6.2	3.9
Light treatments	HH, MM ,LL	HH, MM, LL, HM, HL, MH, ML, LH, LM	

Results and Discussion

Light intensity has strong effect on gross photosynthesis rate, V_{cmax} and J_{max}. It also interacts significantly with N supply and leaf age, which suggests a notable interplay between ontogeny and environment in leaf photosynthetic functions.

The evolution of S_x and D_x is comparable with similar studies (e.g. Irving and Robinson, 2006). Both coefficients S_{max} and D_r increase with light intensity, implying that increasing light accelerates both synthesis and degradation processes. The change in N_v responds to light to a larger extent than N_j, but no apparent difference was found in the response of D_r to light between N_v and N_j. This observation agrees with the modelling prediction that, the proportion of N invested in V_{cmax} increases in comparison to J_{max} under increasing light condition (Buckley *et al*., 2013) in order to maintain the balance between RuBP carboxylation and regeneration. Nitrogen level showed a less significant effect on S_{max} and D_r. However, a trend of the lowest S_{max} and D_r was observed under medium N level.

This model produced good predictions of V_{cmax} and J_{max} by using leaf age, light intensity at leaf level and the N supply as inputs. It can be further extended and incorporated into a whole-canopy frame.

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.

Irving L.J. & Robinson D. (2006) A dynamic model of Rubisco turnover in cereal leaves. *New Phytologist* 169, 493-504.

Moualeu-Ngangue D.P., Chen T.-W. & Stützel H. (2016) A new method to estimate photosynthetic parameters through net assimilation rate− intercellular space CO_2 concentration (A−C_i) curve and chlorophyll fluorescence measurements. *New Phytologist* 213, 1543-155

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 40–41 (2017)

Schätzen und Testen von Merkmalskorrelationen in geplanten Versuchen mittels zufälliger Effekte

Hans-Peter Piepho

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Biostatistik, Universität Hohenheim, Stuttgart.
E-Mail: *piepho@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Publikationen auf Basis geplanter Versuche in pflanzenbaulichen Zeitschriften beziehen sich regelmäßig auf paarweise Korrelationen zwischen verschiedenen Merkmalen, die direkt aus den beobachteten Parzellendaten berechnet wurden. Diese Korrelationen werden meist auf Signifikanz geprüft ohne Berücksichtigung des Randomisationsplans oder der Behandlungsstruktur. Diese gängige Praxis steht im Widerspruch zur univariaten Varianzanalyse, die typischerweise für die einzelnen Merkmale berechnet wird und die Gesamtstreuung in verschiedene Varianzursachen zerlegt, welche die Behandlungs- und Randomsiationsstruktur widerspiegelt. Dies bedeutet, dass bivariate Korrelationsanalysen und univariate Varianzanalysen nicht im Einklang stehen, und vor allem, dass die bivariaten Korrelationsanalysen die statistischen Annahmen verletzen, die bei den univariaten Varianzanalysen selbstverständlich getroffen werden.
In diesem Beitrag wird gezeigt, dass es möglich ist, univariate und bivariate Analysen in Einklang zu bringen und mittels gemischter Modelle auf eine konsistente Weise so zu analysieren, dass Behandlungs- und Designeffekte berücksichtigt werden (Schabenberger & Pierce 2002; Littell *et al*. 2006).

Material und Methoden

Zur Illustration verwenden wir das Beispiel in Tabelle 1, welches aus einem Versuch mit vier Reissorten stammt, die in einer randomisierten vollständigen Blockanlage mit fünf Wiederholungen geprüft wurden. Zwei der erfassten Merkmale waren die Pflanzenhöhe (cm) und die Anzahl Halme pro Parzelle. Die Stichprobenkorrelation der beiden Merkmale beträgt $r = -0.032$ mit einem t-Wert von $t = -0.14$ auf Basis von 18 Freiheitsgraden ($p = 0.8939$). Dieser Test macht die Annahme, dass die 20 Beobachtungen des Versuchs aus derselben bivariaten Normalverteilung stammen. Dies ist keine tragbare Annahme, wenn es Block- oder Behandlungseffekte gibt.

Tabelle 1: Anzahl Halme und Pflanzenhöhe (cm) pro Parzelle für vier Reissorten (a-d), geprüft in fünf randomisierten vollständigen Blöcken.

Sorte	Block 1		Block 2		Block 3		Block 4		Block 5	
	Höhe (cm)	Halm -zahl	Höhe (cm)	Halm -zahl	Höhe (cm)	Halm -zahl	Höhe (cm)	Halm -zahl	Höhe (cm)	Halm -zahl
a	58	4	62	6	60	7	54	6	58	6
b	49	7	55	6	48	4	52	4	49	7
c	54	6	52	6	51	7	58	5	61	6
d	58	4	55	4	51	5	49	6	52	4

Bei einer univariaten Varianzanalyse für ein Merkmal wird das folgende Modell angenommen:

$$y_{ij} = \mu + b_j + \tau_i + e_{ij}, \quad (1)$$

wobei y_{ij} der Beobachtungswert der *i*-ten Behandlung im *j*-ten Block ist, μ ein Achsenabschnitt, b_j der Effekt des *j*-ten Blocks, τ_i der Effekt der *i*-ten Behandlung, und e_{ij} der Parzellenfehler der Beobachtung y_{ij}. Es ist konsequent, dasselbe Modell auch bei bivariaten Analysen anzunehmen. Dieses kann für zwei Merkmale 1 und 2 wie folgt geschrieben werden:

$$\begin{pmatrix} y_{ij1} \\ y_{ij2} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \mu_1 \\ \mu_2 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} b_{j1} \\ b_{j2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} \tau_{i1} \\ \tau_{i2} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} e_{ij1} \\ e_{ij2} \end{pmatrix}. \quad (2)$$

Für alle Effekte außer den festen Achsenabschnitten wird eine bivariate Normalverteilung angenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Für das Beispiel in Tabelle 1 finden wir, dass die Fehlereffekte die Korrelation $\hat{\rho}_{e(1,2)} = -0.2555$ haben, während die Korrelation der Behandlungseffekte $\hat{\rho}_{r(1,2)} = 0.9053$ beträgt. Diese Korrelationen haben umgekehrtes Vorzeichen und sind beide sehr verschieden von der einfachen Stichprobenkorrelation von $r = -0.032$. Die Blockeffekte haben eine geschätzte Varianz von Null, so dass für diesen Effekt keine Korrelation definiert werden kann. Der Effekt wird daher aus dem Modell genommen. Auf Basis dieses bivariaten Modells kann eine marginale Merkmalskorrelation von $\hat{\rho}_{y(1,2)} = 0.0109$ berechnet werden, was wiederum nicht übereinstimmt mit der einfachen Stichprobenkorrelation. Die Korrelationen können mittels Likelihoodquotiententests auch auf Signifikanz geprüft werden (Piepho 2017).
Das Beispiel zeigt, dass die gängige Praxis, lediglich Stichprobenkorrelationen aus den Parzellenwerten zu berechnen, problematisch ist, weil dies Effekte für Behandlungen und Blöcke nicht berücksichtigt, so dass Signifikanztests keine Gültigkeit haben und Korrelationswerte verzerrt sind. Meine Empfehlung ist, einfache Stichprobenkorrelationen generell nicht zu verwenden, wenn die Daten eine faktorielle Struktur haben, wie dies in geplanten Versuchen der Fall ist. Stattdessen sollten bivariate Methoden verwendet werden, welche es erlauben, all jene Effekte zu berücksichtigen, die man selbstverständlich in univariaten Varianzanalysen einbezieht, so dass univariate und bivariate Analysen in Einklang stehen. Sofern Korrelationen berechnet und getestet werden sollen, ist die Anpassung eines bivariaten gemischten Modells die Methode der Wahl. Diese Methode erlaubt eine Zerlegung der Gesamtkorrelation in ihre faktoriellen Komponenten, was detaillierte Einblicke in die Struktur der Korrelation erlaubt.

Literatur

Littell, R.C., Milliken, G.A., Stroup, W.W., Wolfinger, R. & Schabenberger, O. (2006). *SAS System for Mixed Models*. *Second Edition*. Cary: SAS Institute.

Piepho, H.P. (2017). Estimating and testing trait correlations in designed experiments using random effects. *Journal of Agricultural Science* (submitted)

Schabenberger, O. & Pierce, P.J. (2002). *Contemporary Statistical Models for the Plant and Soil Sciences*. Boca Raton: CRC Press.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 42–43 (2017)

Kommt es unter einer zukünftigen erhöhten atmosphärischen CO_2 Konzentration zu einer Abnahme der Backqualität?

Markus Dier[1,2], Martin Erbs[1], Peter Köhler, Hans-Joachim Weigel[1], Christian Zörb[2] und Remy Manderscheid[1]

[1] Thünen-Institut für Biodiversität, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig
[2] Universität Hohenheim, Fg. Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, Emil-Wolff-Str. 25, 70599 Stuttgart
E-Mail: *markus.dier@thuenen.de*

Einleitung

Es wird erwartet, dass sich die atmosphärische CO_2 Konzentration in den nächsten Jahren verdoppelt. Als Substrat für die Photosynthese, steigert eine erhöhte atmosphärische CO_2 Konzentration (e[CO_2]) die Biomasseproduktion und den Kornertrag von C_3-Getreide. Jedoch ist dieser positive e[CO_2] Effekt mit einer Abnahme von Nährstoffen im Pflanzengewebe verbunden, insbesondere der N- bzw. Protein-Konzentration im Korn. Studien haben gezeigt, dass bei Weizen hauptsächlich Gluten-Proteine betroffen sind, die entscheidend für die Backqualität sind (Wieser et al. 2008). Darüber fanden Untersuchungen, dass durch e[CO_2] das Brotvolumen um bis zu -16% reduziert wurde (Kimball et al. 2001; Panozzo et al. 2014). In der vorliegenden Studie wurde Winterweizen unter realistischen Versuchsbedingungen unter zwei CO_2-Konzentrationen und drei N-Stufen angebaut um zu untersuchen ob unter gängiger Anbaupraxis eine Abnahme der Backqualität unter zukünftiger e[CO_2] zu erwarten ist und ob der e[CO_2] Effekt durch die N-Düngung beeinflusst wird.

Material und Methoden

In den Jahren 2014 und 2015 wurde ein Free Air CO_2 Enrichment (FACE) Experiment mit Winterweizen durchgeführt. Dort wurde die Sorte Batis bei zwei CO_2 Konzentrationen (390 ppm und 600 ppm) und drei N-Stufen (N-Mangel (35/40 kg N ha^{-1}); praxisüblich (180/200 kg N ha^{-1}); N-Überschuss (320 kg N^{-1})) angebaut. Die N-Düngung erfolgte durch Handapplikation von Kalkammonsalpeter zu vier Terminen. Es wurde manuell Bewässert um eine nutzbare Feldkapazität zwischen 50 und 90% zu gewährleisten.
Nach der Ernte wurde eine Kornfraktion bei 105 °C getrocknet, zu Mehl vermahlen und die N-Konzentration wurde mit einem Elementaranalysator (Leco TruSpec CNS) bestimmt. Die Kornprotein-Konzentration wurde berechnet indem die N-Konzentration mit dem Faktor 5.7 multipliziert wurde. Eine zweite Kornfraktion wurde mit einer Fallzahlmühle (Laboratory Mill 120) gemahlen und anschließend wurden Mikrobackversuche mit 10 g Vollkornmehl je Brötchen durchgeführt. Dabei wurde das Brotvolumen (ml)

Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentration des Kornproteins lag zwischen 7.8 und 13.5 %. Die Steigerung der N-Düngung führte zu einer deutlichen Zunahme des Kornproteins und diese war im zweiten Versuchsjahr signifikant höher war als im ersten. Gemittelt über beide Jahre senkte e[CO_2] die Konzentration des Kornproteins nicht-signifikant um -2% bei N-Mangel; und signifikant um -6% bei praxisüblicher und -4% bei übermäßiger N-Düngung. Dieses Ergebnis widerspricht einer vergleichbaren FACE Studie mit Sommerweizen bei der signifikante Abnahmen von -6% bei N-Mangel und -5% bei

praxisüblicher, aber keine Abnahme bei übermäßiger N-Düngung beobachtet wurde (Kimball et al. 2001).
Das Brötchenvolumen lag zwischen 22.8 und 38.3 ml. Die N-Düngung hatte einen signifikanten Effekt auf das Brötchenvolumen: im ersten Versuchsjahr wurde dieses mit steigender N-Düngung erhöht und im zweiten Versuchsjahr gab es Unterschiede zwischen der N-Mangel und den beiden anderen N-Varianten. e[CO_2] hatte keinen signifikanten Einfluss auf das Brötchenvolumen. Dieses Ergebnis widerspricht den FACE Studien von Kimball et al. (2001), bei der eine signifikante Abnahme des Brotvolumens durch e[CO_2] um -7% bei N-Mangel festgestellt wurde, und von Panozzo et al. (2014), bei der signifikante Abnahmen des Brotvolumens von bis zu -16% festgestellt wurden.

Literatur

Kimball BA, Morris CF, Pinter PJ, et al. 2001. Elevated CO_2, drought and soil nitrogen effects on wheat grain quality. New Phytologist 150, 295–303.

Panozzo, J., Walker, C.K., Partington, D.L., Neumann, N.C., Tausz, M., Seneweera, S.,Fitzgerald, G.L., 2014. Elevated carbon dioxide changes grain protein concentration and composition and compromises baking quality. A FACE study. Journal of Cereal Science 60 (3), 461–470.

Wieser H, Manderscheid R, Erbs M, Weigel H-J. 2008. Effects of elevated atmospheric CO2 concentrations on the quantitative protein composition of wheat grain. Journal of Agricultural and Food Chemistry 56, 6531–6535.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 44–45 (2017)

CO_2-Austausch und Pflanzenproduktion eines Grünlandstandortes – ein Beitrag zum Klimaschutz?

Barbara Köstner und Thomas Grünwald

[1] Professur für Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden, Dresden. E-Mail: *barbara.koestner@tu-dresden.de*

Einleitung

Im Pflanzenbau können Maßnahmen von Klimaschutz und Klimaanpassung eng verknüpft sein. Dauergrünland wird als die Bewirtschaftungsform angesehen, die signifikant zur Kohlenstoffsequestrierung beitragen kann (Soussana et al. 2004). Abgesehen vom grundlegenden Interesse an der Produktion, verbunden mit dem Aufbau von organischen Kohlenstoffverbindungen in Pflanzen und Boden, ist es aus Sicht des Klimaschutzes sinnvoll, hohe Atmungsverluste des gebundenen CO_2 zu vermeiden. Der Anstieg der mittleren Temperaturen erhöht jedoch bei ausreichender Bodenfeuchte die Atmungsraten. Eine Klimaanpassung könnte darin bestehen, durch die Bewirtschaftung die Gesamtnettobilanz an CO_2 günstig zu beeinflussen. Im Erzgebirgsvorland, im Gebiet des Tharandter Waldes, werden seit 2005 fortlaufend CO_2-Austauschmessungen mit der mikrometeorologischen Eddy-Kovarianz (EC)-Technik über einem ungedüngten Dauergrünland durchgeführt, die die Bewirtschaftung des Kohlenstoffhaushaltes unterstützen können.

Material und Methoden

An Messstandorten der TU Dresden werden mittels der EC-Technik (Baldocchi 2003) kontinuierlich Kohlenstoffflüsse (Tabelle 1) über Wald sowie Grün- und Ackerland im Rahmen des EU-weiten Netwerkes ICOS (Integrated Carbon Observation System) bestimmt (Prescher et al. 2010). Die Standorte befinden sich 20-30 km südwestlich von Dresden (icos-infrastruktur.de). Alle Bewirtschaftungsfaktoren und –termine werden gemäß ICOS-Standard erfasst. Das Dauergrünland (Standort Grillenburg) wird zwei- bis viermal pro Jahr gemäht, gelegentlich beweidet. Am Ackerstandort Klingenberg wird 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.

Tabelle 1. Kohlenstoffflüsse über Bestand und Boden von Agrarflächen

Bezeichnung	Erklärung und Bestimmung
Nettoökosystemproduktion, NEP (Net ecosystem production)	Differenz zwischen CO_2-Aufnahme (Photosynthese) und CO_2-Abgabe (Atmung von Pflanzen und Bodenorganismen)
Terrestr. Ökosystematmung, TER (Terrestrial ecosystem respiration)	Summe der CO_2-Abgabe von Pflanzen und Bodenorganismen
Bruttoprimärproduktion, GPP (Gross primary production)	Gesamte CO_2-Aufnahme von Pflanzen ohne Atmungsabzug (Bruttophotosynthese): GPP = NEP + TER
Nettobiomproduktion, NBP (Net biome production)	Bestimmt aus NEP mit zusätzlicher Einberechnung der Zufuhr/Abfuhr von Kohlenstoff durch die Bewirtschaftung (organische Düngung/ Ernteabfuhr): NBP = NEP +/- Zufuhr/Abfuhr von Kohlenstoff

Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere jährliche Bruttoprimärproduktion (GPP) betrug im Zeitraum 2005-2016 für das Grünland 1572 gC m^{-2} a^{-1}, die Netto-Aufnahme (NEP) 63 gC m^{-2} a^{-1}. Zieht man davon den durch Biomasseernte entzogenen Kohlenstoff ab, ergibt sich eine negative Gesamtbilanz von -79 gC m^{-2} a^{-1} (NBP). Im Vergleich dazu ergibt sich für das Ackerland 1267 gC m^{-2} a^{-1} (GPP), 64 gC m^{-2} a^{-1} (NEP) und -184 gC m^{-2} a^{-1} (NBP; Abb. 1). Bei insgesamt negativer C-Bilanz nach Ernteabzug beträgt folglich der C-Verlust des Grünlandes etwa 40% des Ackerlandes. Weitere Untersuchungen müssen zeigen, inwiefern die generell hohen Atmungsraten auf die steigenden Temperaturen zurückzuführen sind und ob durch Bewirtschaftung die C-Bilanz des Grünlandes verbessert werden kann.

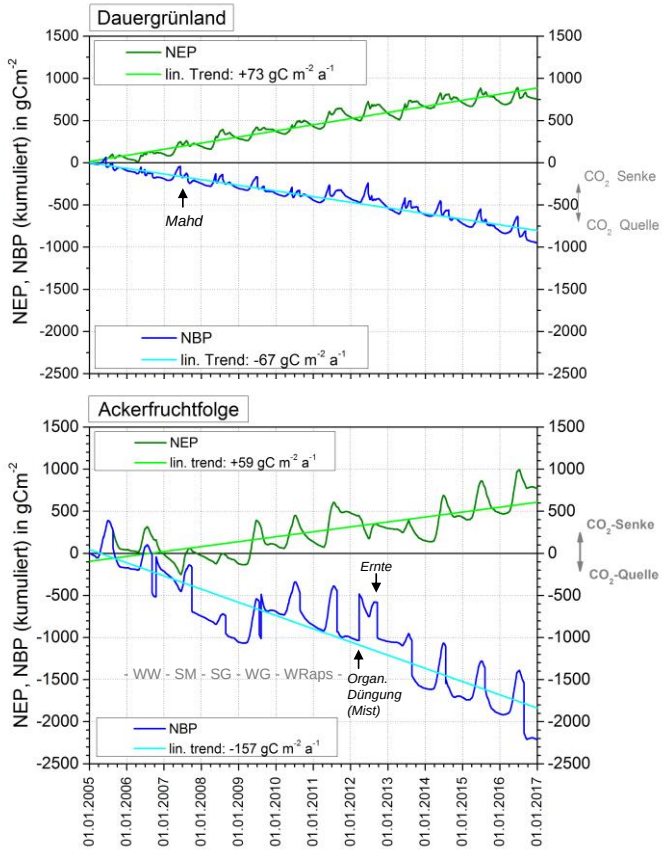


Abb.1. Kumulative Kohlenstoffflüsse von 2005 bis 2016 für Grün- und Ackerland.

Literatur

Baldocchi DD (2003) Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rates of ecosystems: Past, present and future. Global Change Biology 9, 479-492

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

Soussana J-F, Loiseau P, Vuichard N, Ceschia E, Balesdent J, Chevallier T, Arrouays D (2004) Carbon cycling and sequestration opportunities in temperate grasslands. Soil Use and Management 20, 219-230

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 46–47 (2017)

Einfluss von Hitzestress auf den Ertrag von Winterweizen

Lorenz Kottmann[1], Tina Langkamp[2], Katja Matschiner[3], Siegfried Schittenhelm[1], Martin Kraft[2] und Andreas Jacobi[3]

[1] Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig;
[2] Thünen Institut für Agrartechnologie, Braunschweig; [3] Strube Research GmbH & Co. KG, Söllingen.
E-Mail: *lorenz.kottmann@julius-kuehn.de*

Einleitung

Im Zuge des Klimawandels werden die mittleren Lufttemperaturen weiter steigen und es werden häufigere und stärkere Hitzeperioden in den Frühjahrs- und Sommermonaten erwartet. All dies wird die Landwirtschaft vor große Herausforderungen stellen (DWD 2017). Winterweizen wird davon – als die in Deutschland hinsichtlich Anbaufläche wichtigste Feldfrucht – besonders betroffen sein. Bereits kurze Hitzeperioden oberhalb der Kardinaltemperaturen des Weizens (Blüte: > 31 °C, Kornfüllung: > 35 °C, Porter & Gawith 1999) können die Weizenerträge unter anderem durch beschleunigte Entwicklung, verminderte Photosyntheserate, Pollensterilität und verminderte Kornfüllungsrate empfindlich reduzieren (Barnabas et al. 2008). Eine modellgestützte Analyse von Semenov und Shewry (2011) deutet sogar darauf hin, dass Hitzestress die Weizenerträge in Europa zukünftig stärker limitieren wird als Trockenstress. Die züchterische Verbesserung der Hitzetoleranz bietet hierbei ein großes Potential, um Winterweizen an veränderte klimatische Bedingungen anzupassen (Wahid et al. 2007).

Material und Methoden

Vor diesem Hintergrund wurden auf einem Praxisstandort nahe Söllingen (Lösslehm, Ackerzahl > 90) in den Jahren 2015 und 2016 insgesamt 32 Winterweizengenotypen unterschiedlicher Herkunft unter Hitzestress sowie unter Normalbedingungen hinsichtlich ihrer Ertragsleistung geprüft. Der Hitzestress wurde hierbei in einem Folientunnel mit temperaturgesteuerter Lüftung erzeugt. Durch eine ausreichende Wasserversorgung wurde sichergestellt, dass der Hitzestress nicht durch Trockenstress überlagert wurde. Im Jahr 2015 wurde der Tunnel während des Ährenschiebens aufgebaut. Die Lüftungen sowie die Giebel des Tunnels waren jedoch noch bis zum Ende der Blüte geöffnet und wurden anschließend geschlossen. Zwischen Ährenschieben und Blüte waren die Temperaturen dadurch gegenüber der Umgebung nur minimal erhöht, der Hitzestress begann erst nach der Blüte. In 2016 wurde der Tunnel hingegen unmittelbar vor Ende der Blüte errichtet und unverzüglich geschlossen. Insgesamt war der Tunnel für neun (2015) bzw. 14 (2016) Tage komplett geschlossen, wobei Temperaturen von bis zu 45 °C erreicht wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Die deutlich erhöhten Temperaturen innerhalb des Tunnels führten im Vergleich zur Kontrolle zu einem durchschnittlichen Rückgang der Kornerträge von 53 % (2015) und 71 % (2016). Die geringeren Ertragseinbußen in 2015 lassen sich zum einen durch die kürzere Hitzestressperiode erklären, zum anderen auch durch eine mögliche Akklimatisierung der Pflanzen während der Zeit, in welcher der Tunnel zwar aufgebaut, aber noch nicht vollständig geschlossen war. Die beiden Versuchsjahre lassen sich deshalb nicht direkt miteinander vergleichen. Neben der beabsichtigten Temperaturerhöhung wurden durch den Tunnel jedoch auch weitere klimatische Bedingungen verändert: Die Luftfeuchtigkeit war erhöht und die Globalstrahlung

durch die Folie um ca. 30 % verringert. Außerdem war die CO_2-Konzentration tagsüber etwas geringer, nachts aber deutlich höher als außerhalb des Tunnels. Auch diese Effekte werden den Kornertrag beeinflusst haben. Mutmaßlich dürfte aber der Hitzestress für den stärksten Rückgang im Kornertrag verantwortlich gewesen sein.

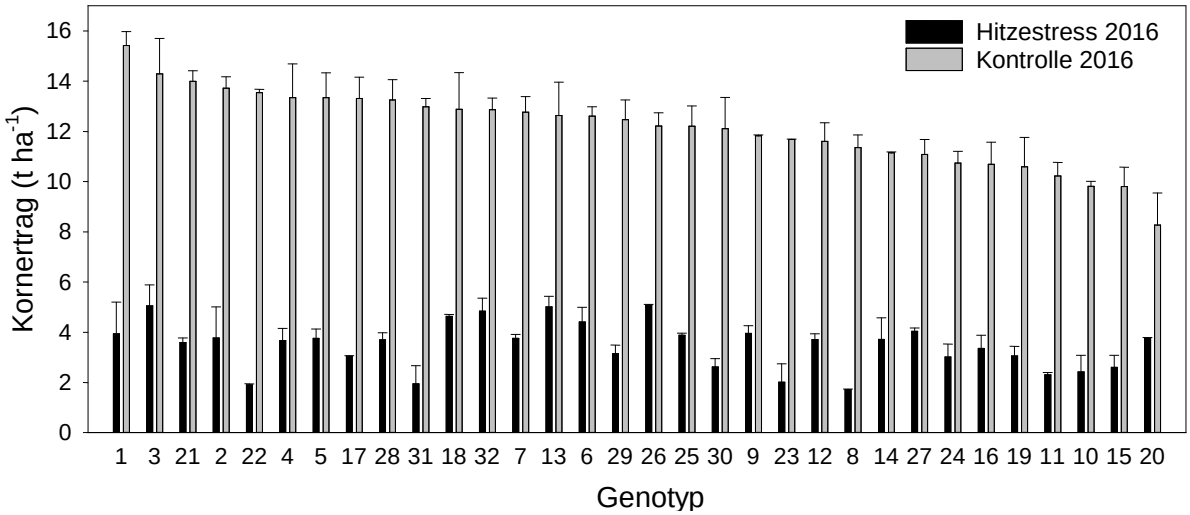


Abb. 1: *Kornerträge der 32 Winterweizengenotypen unter Kontrollbedingungen und Hitzestress im Jahr 2016, sortiert nach absteigendem Kornertrag unter Kontrollbedingungen. Fehlerbalken: +1 Standardabweichung.*

Die 32 Genotypen reagierten unterschiedlich auf die erhöhten Temperaturen. Im Jahr 2015 lagen die Kornerträge zwischen 3,4 und 6,3 t ha^{-1}, im Jahr 2016 konnten zwischen 1,7 und 5,1 t ha^{-1} Ertrag erzielt werden (Abb. 1). Im Jahr 2016 unterschieden sich die Genotypen signifikant in ihren Kornerträgen unter Hitzestress, die prozentualen Ertragseinbußen lagen hierbei zwischen 55 % und 86 %. Auch wenn innerhalb des Tunnels teilweise unnatürliche Bedingungen vorherrschten und die Maximaltemperaturen für hiesige Verhältnisse extrem hoch waren, macht dieser Versuch doch eindrucksvoll den stark negativen Einfluss von erhöhten Temperaturen auf den Ertrag von Winterweizen deutlich. Er lieferte aber auch Hinweise auf das Vorliegen genetischer Variabilität als Voraussetzung einer erfolgreichen züchterischen Selektion auf Hitzetoleranz bei Winterweizen.

Literatur

Barnabas B, Jäger K, Fehér A (2008): The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. Plant, Cell and Environment 31, 11-38.

DWD (2017): Deutscher Klimaatlas. http://dwd.de/DE/klimaumwelt/klimaatlas/klimaatlas_node.html (Abruf am 13.06.2017).

Porter JR, Gawith M (1999): Temperatures and the growth and development of wheat: a review. European Journal of Agronomy 10, 23-36.

Semenow und Shewry (2011): Modelling predicts that heat stress, not drought, will increase vulnerability of wheat in Europe. Scientific reports 1:66.

Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR (2007): Heat tolerance in plants: an overview. Environmental and Experimental Botany 61, 199-223.

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. 29: 48–49 (2017)

QTL-basierte Modellierung der Blattbildung verschiedener Sommergerste-Genotypen (*Hordeum vulgare* L.) unter Trockenstress

Ch. Dolch[1], D.P. Moualeu[1], J. Léon[2], R. Uptmoor[3] und H. Stützel[1]

[1] Gottfried Wilhelm Leibniz Universität - Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover.
[2] Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität - Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Bonn.
[3] Universität Rostock - Professur Pflanzenbau, Rostock.
E-Mail: *moualeu@gem.uni-hannover.de; dolch@gem.uni-hannover.de*

Einleitung

Wassermangel ist bereits heute einer der wichtigsten ertragslimitierenden Faktoren in südlichen Ländern der Erde (Forster et al., 2004). Durch den Klimawandel ist eine weitere Verschärfung der Problematik zu erwarten (Turral et al., 2011). 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). Durch den Einsatz von computergestützten Modellen ist es heute möglich, das Verhalten von diversen Genotypen unter verschiedenen Umwelten zu simulieren. Insbesondere die Kombination von physiologischen Modellen und QTL-Analysen der Modellparameter erlaubt es, die genetische Variabilität einer physiologischen Trockenstressreaktion zu analysieren (Reymond et al., 2003). 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). Für 200 diverse, aber an mitteleuropäische Anbaubedingungen angepasste Genotypen, wurde der Einfluss von Trockenstress auf das Blattwachstum quantifiziert, Modellparameter in Abhängigkeit vom Bodenwasser berechnet und für diese Parameter QTLs geschätzt, welche als genetische Komponente in das Modell einfließen, um die ertragsphysiologischen Prozesse mit Hilfe genetischer Informationen abzubilden.

Material und Methoden

Das Experiment besteht aus mehreren Gefäßversuchen, welche in einer Vegetationshalle durchgeführt wurden. Für jeden Gefäßversuch wurden die 200 Sommergerste-Genotypen in einem bestandesähnlichen split-plot-Design mit Bewässerungsstufen der regelmäßig bewässerten Kontrolle und der trockengestressten Variante angelegt. Die Transpirationsverluste der Pflanzen der Kontroll-Variante wurden regelmäßig durch Bewässerung ausgeglichen. Die Bewässerung der Stress-Variante wurde hingegen ab der Bestockung eingestellt. Durch regelmäßiges Wiegen der Gefäße wurde die Transpiration der Pflanzen und die aktuelle Fraktion des transpirierbaren Bodenwassers (FTSW) ermittelt. Der Stress endete, wenn der Wasserverbrauch der gestressten Variante nur noch 10 % des Wasserverbrauchs ihrer entsprechenden Kontrollpflanze betrug. Während der Stressphase wurden regelmäßig die Längen und Anzahl der Blätter des Haupttriebes sowie die Triebzahl gemessen. Nach der Stressphase wurden zudem einzelne Pflanzenorgane (Blattflächen, Trockenmassen von Ähren, Blättern, etc.) der bewässerten und gestressten Pflanzen untersucht. Für die gemessenen Werte und daraus abgeleitete Parameter zur Quantifizierung der genotyp-spezifischen Trockenstressreaktionen wurden anschließend QTL-Analysen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Anhand der gemessenen Daten konnte ein physiologisches Modell zum Blattwachstum unter Trockenstress erstellt und diverse genotyp-spezifische Merkmale wie die Änderung der relativen Blattexpansionsrate in Abhängigkeit vom FTSW (vgl. Uptmoor et al. 2009), die Blattbildungsrate, die längste Blattlänge sowie die Beziehung zwischen maximaler Blattlänge und Blattposition abgeleitet werden. Für diese Parameter wurden Marker-Merkmalsassoziationen identifiziert und QTLs geschätzt. Mit den ermittelten physiologischen und genetischen Beziehungen konnte ein physiologisch und genetisch basiertes Modell der Blattbildung unter Trockenstress aufgebaut werden, welches die physiologischen Prozesse mit Hilfe genetischer QTL-Informationen abbildet. Dazu werden die Merkmale und Parameter im Modell durch die entsprechenden QTL-Marker dargestellt und die Modellierung auf Basis der genetischen Informationen durchgeführt.

Literatur

Forster, B.P., R.P. Ellis, J. Moir, V. Talamè, M.C. Sanguineti, R. Tuberosa, D. This, B. Teulat-Merah, I. Ahmed, S.A.E.E. Marity, 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. Annals of Applied Biology 144 (2), 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 (5): e97047.

Reymond, M., B. Muller, A. Leonardi, A. Charcosset, F. Tardieu (2003): Combining Quantitative Trait Loci Analysis and an Ecophysiological Model to Analyze the Genetic Variability of the Responses of Maize Leaf Growth to Temperature and Water Deficit. Plant Physiology 131 (2), 664–675.

Turral, H., J. Burke, J.M. Faurès (2011): FAO Water Reports 36: Climate change, water and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rom.

Uptmoor, R., M. Osei-Kwarteng, S. Gürtler, H. Stützel (2009): Modeling the Effects of Drought Stress on Leaf Development in a *Brassica oleracea* Doubled Haploid Population Using Two-phase Linear Functions. Journal of the American Society for Horticultural Science. 134 (5), 543–552.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 50–51 (2017)

Direktsaat als alternatives Aussaatverfahren im Silomaisanbau: Einfluss auf THG-Emissionen

Inger Julia Struck, C. Kluß, T. Reinsch, R. Loges, A. Herrmann und F. Taube

CAU - Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Kiel. E-Mail: *istruck@gfo.uni-kiel.de*

Einleitung

Silomais ist in Deutschland neben Grünland die wichtigste Futterpflanze in der intensiv geführten Milchviehhaltung. Die Flächenausdehnung im Maisanbau führte in den letzten Jahren häufig zu Umnutzung von Grünlandstandorten. Im Hinblick auf eine erhöhte Nachfrage von Biomasse und gleichzeitig steigendem Fokus auf Klima- und Umweltschutz in der Landwirtschaft, gewinnen nachhaltige, emissionsarme Bewirtschaftungsverfahren wie ‚ley systems' vermehrt an Bedeutung. Ziel des Projektes Silomais Direktsaat ist es, mit Verzicht der Bodenbearbeitung ein alternatives Aussaatverfahren in grünlandbasierten Futterbausystemen aufzuzeigen und die damit verbundenen Treibhausgas (THG)-Emissionen zu minimieren.

Material und Methoden

Um die ertragsbezogenen THG-Emissionen eines Maisdirektsaatverfahrens nach der Vornutzung Grünland zu quantifizieren, wurde ein zweijähriger Feldversuch (2015-2016) auf der Versuchsstation „Hohenschulen" im östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein durchgeführt. Der dominierende Bodentyp ist als Parabraunerde und Pseudogley-Parabraunerde einzuordnen mit meist sandig-lehmiger Textur. Für den Versuch wurden Teile einer 10 Jahre alten Grasnarbe nach Totalherbizideinsatz im März 2015 mit Mais bestellt und deren THG-Emissionen, Erträge, Futterqualitäten und Bodenparameter dem zur Kontrolle als 4-Schnitt Dauergrünland (GC) erhaltenen Teil gegenübergestellt. Die Mais-Aussaat erfolgte in zwei Varianten: mittels Direktsaat (no tillage - NT) und mit konventioneller Pflugsaat (conventional tillage - CT). Die drei Varianten existierten jeweils in zwei Düngestufen, ungedüngt (N0) und gedüngt (N1) mit 90 kg N ha^{-1} $Jahr^{-1}$ im Mais nach N_{min}-Sollwertmethode und 380 kg N ha^{-1} $Jahr^{-1}$ im Grünland. Die N_2O-Emissionen wurden ganzjährig mindestens wöchentlich in allen Varianten mit Hilfe des geschlossen statischen Messverfahrens (HUTCHINSON & MOSIER, 1981) erfasst. Über die Analyse der Kohlenstoffgehalte (C) im Boden vor und nach dem Versuchszeitraum konnte mittels der Lagerungsdichte die Veränderung des Kohlenstoffvorrats während des Versuchszeitraums bestimmt werden. N_2O-Emissionen und Boden-C-Veränderungen wurden in CO_2-Äquivalente umgerechnet und mithilfe der Energieerträge eine produktbezogene THG-Bilanz errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse (Tabelle 1) zeigen, dass die Erträge der beiden Maisvarianten innerhalb der Düngestufe N1 in beiden Jahren keine signifikanten Unterschiede aufweisen. Ebenso unbeeinflusst vom Aussaatverfahren sind auch die Energiedichten der beiden Maisvarianten. Die N_2O-Emissionen zeigten in beiden Versuchsjahren keine signifikanten Unterschiede zwischen NT und CT. Die Düngung führte in beiden Jahren im Mittel zu einem Anstieg der N_2O-Emissionen um etwa 50 % in allen Varianten. Die Änderung des Boden-C Vorrats nach zwei Versuchsjahren schwankte in allen Varianten zwischen +1.5 bis -20 t C/ha. Die Berechnung der THG-Bilanz inkl. Humus-C ergab im Mais je nach Variante produktbezogene Emissionen von ca. 0 - 290 kg CO_2-Äqu./GJ NEL für 2 Jahre. Die balancierten

Feldemissionen konnten für die Variante NT N1 bestimmt werden, in welcher, durch höhere Erträge als in N0 und der über Bodenuntersuchungen ermittelten positiven Humus-C-Bilanz, die Vorzüge der pfluglosen Bestellung voll zum Tragen kommen konnten.

Tabelle 1: Erträge, Energiegehalte und N_2O-Emissionen in den Varianten GC, NT, CT unterteilt in die beiden Düngestufen N0/N1 und Versuchsjahr 1 und 2. (Zahlen in Klammern geben Standardfehler an. *a/b* sign. Variantenunterschiede einer Düngestufe. *d/e* sign. Düngeeffekte einer Variante. *j/k* sign. Jahreseffekte einer Variante und Düngestufe).

Variante	Dünge -stufe	Ertrag dt/ha		Energiegehalt MJ NEL/ kg TM		N_2O kg/ha	
		Jahr 1	Jahr 2	Jahr 1	Jahr 2	Jahr 1	Jahr 2
GC	0	48 (3.0) a	100 (0.9) a	6.4 (0.04) a	6.1 (0.03) a	1.8 (0.3) d	0.8 (0.2) d
GC	1	118 (1.9) a	152 (1.0) a	6.5 (0.06) a	6.2 (0.05) a	4.5 (0.04) e	2.2 (0.2) e
NT	0	149 (4.3) b	133 (2.7) b	6.6 (0.2) ab	6.9 (0.05) b	5.7 (0.6) j	2.1 (0.3) dk
NT	1	167 (4.6) b	197 (17.6) ab	6.5 (0.2) a	6.7 (0.2) a	6.9 (0.7) j	3.9 (0.5) ek
CT	0	179 (8.1) b	208 (8.7) c	6.5 (0.1) ab	6.9 (0.2) ab	5.4 (0.9)	3.7 (1.0)
CT	1	192 (6.5) b	229 (6.2) b	6.5 (0.01) a	6.9 (0.1) a	7.6 (1.3)	3.9 (1.6)

Der Anteil der N_2O-Emissionen an der Bilanz beträgt in den ungedüngten Varianten (N0) von GC und NT sowie in beiden CT Varianten im Mittel 5 %, sodass sich die große Spannbreite der produktbezogenen Emissionen ausschließlich durch die Boden-C Änderung erklären lässt. Die Bestimmung der Kohlenstoffvorratsänderung unterliegt je nach Ausgangsniveau einer großen Streuung und gibt in Anbetracht des zugrundeliegenden Untersuchungszeitraums lediglich Hinweise auf langfristige Gewinn- und Verlustpotentiale. Die Dynamik und interannuelle Variation der Austauschprozesse wird nicht erfasst. In den gedüngten Varianten (N1) von GC und NT überwiegt der Anteil der Kohlenstoffveränderung nur leicht mit ca. 55 % gegenüber den N_2O bedingten CO_2-Äqu.-Emissionen mit etwa 45 % Anteil an der Gesamtbilanz. Noch nicht berücksichtigt in dieser vorläufigen Bilanz sind etwaige Prozesskosten, die durch Aussaat, Düngung und das Bestandesmanagement im Vegetationsverlauf zusätzlich anfallen. Aufgrund der unter Versuchsbedingungen gleichen Dünge- und Herbizidbehandlung von NT und CT dürfte sich die Überlegenheit der Direktsaat hierdurch weiter verstärken, da die Emissions-Kosten durch eine höhere Anzahl an Überfahrten und dem Dieselaufwand in der Pflugvariante höher liegen. Eine Einordnung der ermittelten produktbezogenen Emissionen ist aufgrund weniger Vergleichswerte schwierig. HERRMANN et al. (2014) ermittelten für eine Mais Selbstfolge unter Berücksichtigung einer Boden-C-Änderung von -560 kg C/ha/Jahr, der N_2O-Emissionen und der Prozesskosten bis zum Silo eine THG-Bilanz von ca. 75 kg CO_2-Äqu./GJ NEL. Unter Berücksichtigung des überproportionalen Einflusses der Bodenkohlenstoffänderung durch Grünlandumbruch liegen die ermittelten Ergebnisse in einer vergleichbaren Größenordnung, wobei das Direktsaatverfahren im Vergleich zur Pflugsaat ein erhebliches THG-Minderungspotential aufwies, sowohl je ha als auch je Produkteinheit.

Literatur

Herrmann, A., Claus, S., Loges, R. & Taube, F. (2014): Can arable forage production be intensified sustainably? – A case study from northern Germany. *Crop and Pasture Science*, 65, 538-549.

Hutchinson, G.L. & Mosier, A.L., (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Journal of the Soil Science Society of America*, 45, 311-316.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 52–53 (2017)

Einfluss von agroforstlich genutzten Gehölzstreifen auf die Begleitvegetation und die Bodennährstoffgehalte angrenzender konventionell bewirtschafteter Ackerflächen

Christian Böhm, Michael Kanzler und Jaconette Mirck

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

Einleitung

Für die pflanzenbauliche Bewertung von Agroforstsystemen spielen mögliche Effekte von Agroforst-Gehölzen auf die Erträge der Ackerkulturen eine entscheidende Rolle. Eine Beeinflussung der Ackerfruchterträge kann direkt (z.B. durch Beschattung) oder indirekt (z.B. durch zusätzliche Nährstoffeinträge oder eine Veränderung des Mikroklimas) erfolgen. Ziel dieser Studie war es, mögliche Einflüsse von Energieholzstreifen auf die Begleitvegetation einerseits und auf die Kohlenstoff- und Nährstoffgehalte des Bodens andererseits zu quantifizieren und ggf. mit räumlichen Ertragsdifferenzen in Beziehung zu setzen.

Material und Methoden

Die vorgestellten Untersuchungen wurden auf zwei Agroforstflächen (AFS) mit Energieholzwirtschaft durchgeführt. Diese befinden sich in Südbrandenburg nahe Forst (Lausitz) [AFS Forst] und nahe Senftenberg [AFS SFB]. Die zwischen 10 und 20 m breiten Gehölzstreifen bestehen aus verschiedenen Pappelklonen (*Populus* spec.) und Robinie (*Robinia pseudoacacia*). Die dazwischen befindlichen Ackerfruchtstreifen haben eine Breite von 48 bzw. 96 m (AFS Forst) sowie 150 m (AFS SFB). Zum Zeitpunkt der Untersuchungen waren die Ackerkulturstreifen bei AFS Forst mit Winterweizen (*Triticum* spec.) und bei AFS SFB mit Hafer (*Avena sativa*) bestellt. Der Standort AFS Forst wurde 2010 etabliert und im Winter 2014/2015 erstmalig beerntet. Er weist im Mittel eine Ackerzahl von 45 auf. Der vorherrschende Bodentyp ist eine Gley-Vega bzw. Pseudogley-Vega mit mittel schluffigem Sand im Pflughorizont. Am Standort AFS SFB ist die Ackerzahl kleiner als 25, wobei der Bodentyp Braunerde-Regosol mit schwach lehmigem Sand im Bearbeitungshorizont dominiert. Die Gehölzstreifen wurden hier im Frühjahr 2015 angelegt und befanden sich zum Untersuchungszeitpunkt in der ersten Rotation.

Alle Untersuchungen erfolgten auf den Ackerstreifen in verschiedenen Abständen zu den Gehölzstreifen. Am Standort AFS Forst wurde zusätzlich zur AFS ein benachbarter, identisch bewirtschafteter Ackerschlag einbezogen, welcher als Referenzfläche diente. Der Deckungsgrad der Vegetation wurde in 0,5 m² großen Aufnahmequadraten bestimmt. Die Ermittlung der Erträge erfolgte auf Basis von Teilernten (2014: Ernte mit Parzellenmähdrescher auf 20 m² großen Plots; 2016: manuelle Ernte auf 0,25 m² großen Beprobungsquadraten). Die Bestimmung des Humusgehaltes erfolgte mittels Glühverlust. Der heißwasserextrahierbare organische Kohlenstoff (HWC_{org}) sowie die potentiell pflanzenverfügbaren Gehalte an Phosphor (P) und Kalium (K) wurden nach den bei Kanzler u. Böhm (2015) beschriebenen Methoden ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei konventioneller Bewirtschaftung ist im Nahbereich der Gehölzstreifen lediglich innerhalb der ersten 3 m von einem geringfügig erhöhtem Beikrautaufkommen

auszugehen. Einen signifikanten Zusammenhang zwischen Beikrautdeckungsgrad und Kornertrag konnte allerdings auf keinem Standort festgestellt werden (Abb. 1).

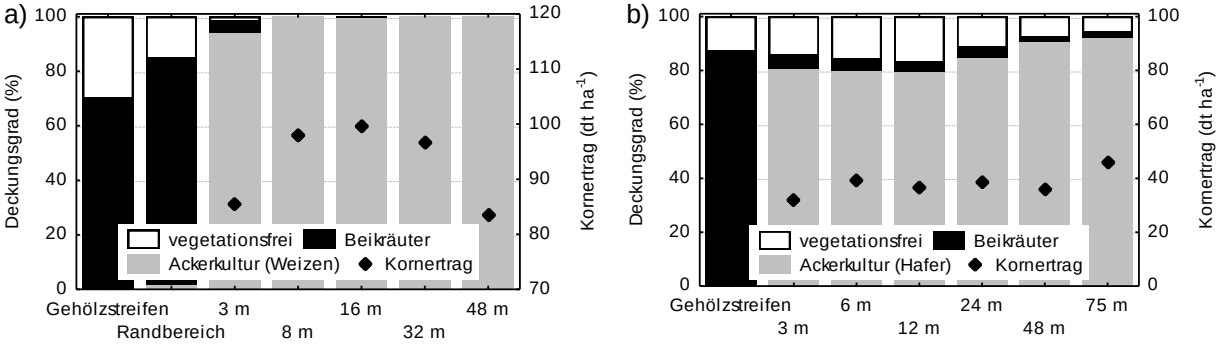


Abbildung 1: Mittlere Deckungsgrad der Vegetation auf den Agroforstflächen a) AFS Forst und b) AFS SFB, in Abhängigkeit der Entfernung zu den Gehölzstreifen sowie die entsprechenden Kornerträge des Winterweizens (AFS Forst) und Hafers (AFS SFB) (n = 4; Erhebungsjahr: a) 2014 bzw. b) 2016)

Auch zwischen Kornertrag und Nährstoff- bzw. Humusgehalt lag kein signifikanter Zusammenhang vor. Zwar lagen im Randbereich der Ackerstreifen (insbesondere im älteren AFS Forst) die Erträge geringfügig niedriger, doch können diese Ertragsdifferenzen nicht primär auf die Verfügbarkeit von P und K zurückgeführt werden. Ersichtlich ist auch, dass der Humusgehalt im Boden der Ackerstreifen durch die Gehölze nicht merklich beeinflusst wurde (Abb. 2). Inwieweit sich dies im Verlaufe der Nutzungsdauer der AFS ändert werden künftige Untersuchungen zeigen.

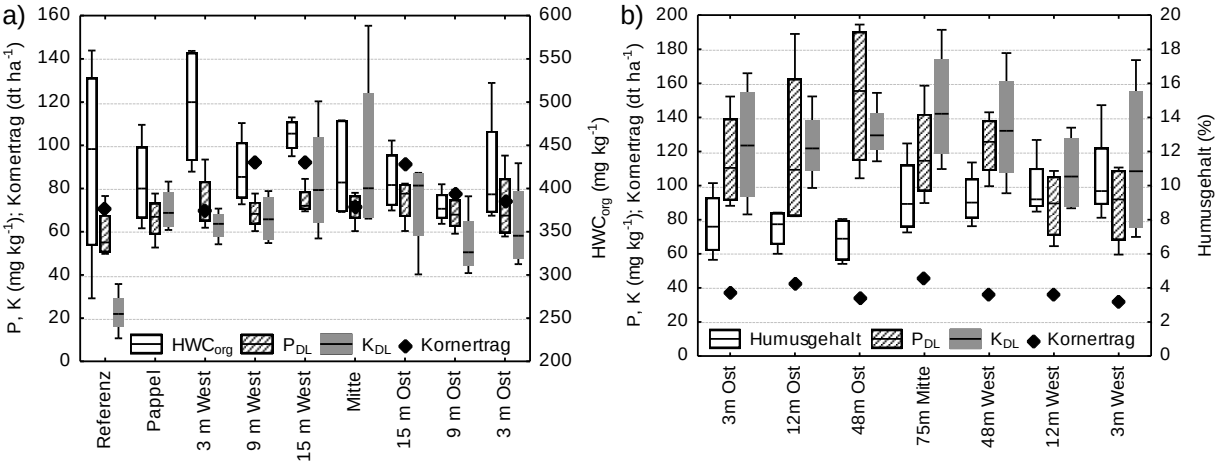


Abbildung 2: Gehalte an Humus, heißwasserextrahierbarem organischen Kohlenstoff (HWC_{org}), pflanzenverfügbarem Phosphor (P) und Kalium (K) im Boden der Agroforstflächen a) AFS Forst und b) AFS SFB, in Abhängigkeit der Entfernung zu den Gehölzstreifen sowie die entsprechenden Kornerträge des Winterweizens (AFS Forst) und Hafers (AFS SFB) (Querbalken = Median, Box = oberes und unteres Quartil, Fehlerbalken = Max.- und Min.-Wert; n = 4; Erhebungsjahr: 2016)

Literatur

Kanzler, M., Böhm, C. (2015): Nachhaltige Erzeugung von Energieholz in Agroforstsystemen (AgroForstEnergie); Teilvorhaben 2: Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit, Wasserhaushalt und Mikroklima. Abschlußbericht, 156 S., http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22000312.pdf

Dank: Die Autoren danken dem BMEL für die Finanzierung des Projektes AgroForstEnergie II (FKZ: 22000312) und dem BMBF für die Finanzierung des Projektes AUFWERTEN (FKZ: 033L129AN).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 54–55 (2017)

Agroforstliche Nutzungsstrategien zur Sicherung der landwirtschaftlichen Produktion im Kontext steigender Urbanisierung und den Folgen des Klimawandels

Michael Kanzler[1], Christian Böhm[1], Jaconette Mirck[1] Dieter Schmitt[2] und Maik Veste[1,2]

[1] Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Fachgebiet für Bodenschutz und Rekultivierung, Cottbus; [2] Universität Hohenheim, Institut für Botanik, Stuttgart. *kanzlmic@b-tu.de*

Einleitung

Derzeit lebt mehr als die Hälfte der Weltbevölkerung in Städten, Tendenz weiter steigend. Die Sicherstellung der Versorgung dieser Menschen mit Nahrungsmitteln wird künftig den Druck auf die Landwirtschaft in ländlichen Gebieten weiter erhöhen. Die Nahrungsmittelproduktion wird dabei stärker als zuvor durch das Umweltbewusstsein der Verbraucher einerseits und andererseits durch die Verminderung landwirtschaftlicher Produktionsfläche zugunsten der Stadtentwicklung beeinflusst werden (Vira et al. 2015). Die Folgen des Klimawandels (u.a. reduzierte Wasserverfügbarkeit, höheren Verdunstung, Zunahme von Witterungsextremen) werden zu Ertragsschwankungen führen (EEA 2017) und so die Landwirtschaft vor neue Herausforderungen stellen. Dies gilt vor allem für ertragsschwächere Standorte mit einem hohen Risiko für klimawandelbedingte Witterungseinflüsse. Vor diesem Hintergrund kann die agroforstliche Landnutzung, durch eine höhere Adaptionsfähigkeit gegenüber der Klimavariabilität (Kanzler et al. 2016) und der Möglichkeit zur ökologischen Aufwertung von Ackerflächen, aktiv zu einer stabilen, leistungsfähigen Landwirtschaft beitragen. Der folgende Beitrag widmet sich Untersuchungsergebnissen aus der Vegetationsperiode 2017 zum Mikroklima auf einem agroforstlich genutzten Ackerstandort in der Lausitz, Brandenburg.

Material und Methoden

Die Messungen wurden im Frühjahr 2017 auf einer etwa 40 ha großen mit Wintergerste (*Hordeum vulgare*) bestellten Agroforstfläche nahe der Stadt Forst durchgeführt. Diese Region ist durch eine durchschnittliche Niederschlagssumme von 568 mm und eine Jahresdurchschnittstemperatur von 9.6°C charakterisiert (DWD Messstation Cottbus, im Zeitraum 1981 -2010). Insgesamt wurden 32 Hobo-V2-Datalogger (Onset Computer Corporation, USA) und 8 Anemometern (A100R, Vector Instruments, UK) zur Bestimmung der relativen Luftfeuchtigkeit (rH), Lufttemperatur (T) und der Windgeschwindigkeit (u) in einem 48 m breiten Ackerstreifen und einer Referenzackerfläche installiert. Die Sensoren wurden in den Abständen (3, 9 und 15 m West und Ost, Ackermitte) zu den beiderseits begrenzenden, ca. 10 m breiten und im Mittel 6 m hohen, in Nord-Süd-Richtung gepflanzten Pappelstreifen (*Populus nigra* x *P. maximowiczii*) platziert. Zusätzlich wurde an diversen regenfreien Tagen die pot. Evaporation mit 24 Piché Evaporimetern (Thies CLIMA, D) an den genannten Positionen bestimmt. Die Evaporimeter und die Anemometer wurden in 110 bzw. 100 cm über Geländeoberkante (GOK) installiert, während die Hobo-Sensoren in Abhängigkeit der Wuchshöhe der Gerste in 30, 70 und 100 cm über GOK an Stäben befestigt wurden. Aus rH und T wurde das Wasserdampfdruckdefizit (VPD), die maßgebliche Triebkraft der Transpiration, nach Gigon et al. (2004) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1.) ist die räumliche und zeitliche Entwicklung der potentiellen Evaporation sowie deren Relation zum VPD und der Windgeschwindigkeit am Beispiel des 14.06. im Zeitraum von 9 bis 18 Uhr (Ø Globalstrahlung: 656 W m^{-2}, u: 1,9 m s^{-1}, rH: 44 %, T: 22,9 °C, Hauptwindrichtung: Nord) dargestellt.

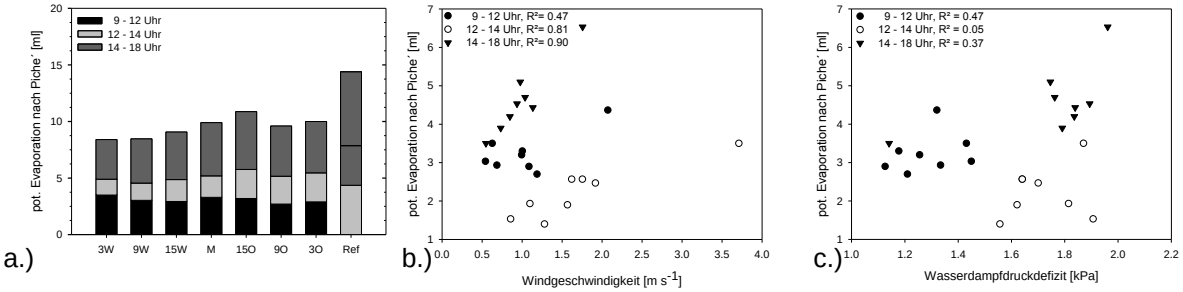


Abbildung 1: a.) Evaporation nach Piche zwischen 9 und 18 Uhr in verschiedenen Abständen zu den angrenzenden Gehölzstreifen und auf der angrenzenden Referenzfläche (n=3). 1b und c.) Korrelation zwischen der zeitlichen Evaporation und der Windgeschwindigkeit und der VPD (n=4). W = West, O = Ost, Ref = Referenzackerfläche

Während der drei beobachteten Zeiträume wurde an allen Positionen des 48 m breiten Agroforststreifens eine signifikant geringere ($p<0.05$, einfaktorielle ANOVA, Holm-Sidak Test gegen Kontrollgruppe) Wassermenge als auf der Referenzackerfläche verdunstet. Besonders aufgeprägt war dieser Effekt in den durch die Gehölzstreifen beschatteten Bereichen. Morgens stärker auf der Ostseite und ab mittags primär auf der Westseite, jeweils bis in 9 m Entfernung. Signifikante Unterschiede ($p<0.05$) zwischen dem Agroforststreifen und der Freifläche konnten auch bezüglich der Windgeschwindigkeit und dem VPD ermittelt werden. So wurde die Windgeschwindigkeit im Agroforststreifen mit Werten zwischen 0.6 (3W) und 1.1 (9O) gegenüber 1.9 m s^{-1} deutlich reduziert. Beim VPD war der Unterschied weniger deutlich ausgeprägt und beschränkte sich gegenüber der Freifläche (1.7 kPa) vorwiegend auf 3W (1.2 kPa) und die östlichen Positionen bis zur Ackermitte (1.5 bis 1.6 kPa). Im Gegensatz zum VPD bestand ab 12 Uhr mittags zwischen der Windgeschwindigkeit und der potentiellen Evaporation ein starker linearer Zusammenhang (R^2= 0.81 – 0.90). Dies deutet darauf hin, dass speziell streifenförmige Agroforstsysteme durch ihre Windschutzwirkung erheblich zur Verminderung der Evaporation und somit potentiell zu einer höheren Wasserverfügbarkeit am Standort beitragen können. Diese Ergebnisse werden im Laufe der Vegetationsperiode um Transpirations- und Ertragsmessungen ergänzt, um die mikroklimatische Vorteilswirkung hinsichtlich des Ertragssteigerungs-potentials bei Wintergerste weiter zu untersuchen.

Literatur

EEA (2017): Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016

Kanzler, M., Böhm, C., Mirck, J., Schmitt, D. & Veste, M. (2016): Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel. Kage, H., Sieling, K. & Francke-Weltmann, L. (Hrsg.): 59. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V., Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 28, 126-127

Gigon A, Marti R, Scheiwiller T (2004): Kurzpraktikum terrestrische Ökologie. vdf

Vira B, Wildburger C, Mansourian S (2015): Forests and Food: Addressing Hunger and Nutrition Across Sustainable Landscapes. Cambridge, UK, Open Book Publish

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 56–57 (2017)

Vergleich der langjährigen Ackererträge eines Alley-Cropping-Agroforstsystems und einer konventionellen Ackerfläche in Norddeutschland

Anita Swieter[1], Maren Langhof[1], Justine Lamerre[2] und Jörg Michael Greef[1]

[1]Julius Kühn-Institut/Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig; [2]Agro-Transfert Ressources et Territoires, Estrées Mons, Frankreich. E-Mail: *anita.swieter@julius-kuehn.de*

Einleitung

Alley-Cropping-Agroforstsysteme (ACS), die Kombination von in Reihen angelegten Baumstreifen und Acker- oder Grünlandschlägen, können einen Beitrag zum Erosionsschutz (Brandle et al. 2004), Schutz vor Nährstoffauswaschung (Böhm et al. 2013) und zum Biotopverbund (Tsonkova et al. 2012) leisten. Mit dem Laubfall wird organische Substanz in den Boden zurückgeführt, was zu einer Verbesserung der Bodeneigenschaften führen kann (Pinho et al. 2012). In den angrenzenden Ackerbereichen konkurrieren allerdings Baum und Kulturpflanze um Ressourcen wie Wasser, Nährstoffe und Licht (Jose et al. 2004). In einem 2008 etablierten ACS bei Braunschweig wurde der Einfluss der Baumstreifen auf die räumliche Verteilung der Rapserträge des Jahres 2016 untersucht. Außerdem wurde untersucht, ob sich die Erträge der Ackerkulturen (Winterweizen und Winterraps) innerhalb des ACS von denen der baumlosen Ackerreferenzfläche über die Jahre 2009 bis 2016 unterscheiden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen fanden auf einem 2008 östlich von Braunschweig etablierten ACS statt, das sich aus 9 Pappelstreifen (12 x 225 m) für die Energieholzproduktion sowie 5 schmalen (48 x 225 m) und 3 breiten (96 x 225 m) Ackerstreifen mit annuellen Kulturen in 3-gliedriger Fruchtfolge (Winterraps, Winterweizen, Wintergerste) zusammensetzt. An das ACS angrenzend befinden sich 3 jeweils ca. 3 ha große baumlose Ackerreferenzflächen. Alle Ackerschläge werden standorttypisch und praxisgerecht bewirtschaftet. Zur Untersuchung des Einflusses der Baumstreifen auf den Rapsertrag wurden auf 2 schmalen Ackerstreifen mittels eines Parzellenmähdreschers kleinräumige Ernten in 1, 4, 7 und 24 m Distanz zum Baumstreifen durchgeführt und der Trockenmasseertrag bestimmt. Außerdem wurden die Erträge und Kornfeuchtigkeit der Ackerkulturen jedes Jahr direkt während der Ernte durch einen Mähdrescher mit GPS-gestützter Ertragskartierung erfasst. Die statistische Auswertung der Ertragsdaten erfolgte mit generalized least squares models und linearen mixed-effects-models mit dem Statistikprogramm RStudio. Die Modellselektion wurde mit dem Akaike Information Criterion (AIC) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl die Distanz zum Baumstreifen als auch die Interaktion zwischen Distanz zum Baumstreifen und Windausrichtung hatten einen signifikanten Einfluss auf den Rapsertrag (Abb. 1A,B). 1 m vom Baumstreifen war der Ertrag signifikant niedriger als 4, 7 und 24 m vom Baumstreifen entfernt. Besonders deutlich war dieser Effekt auf der Luv-Seite (Abb. 1B). Die Erträge in der Distanz 4, 7 und 24 m unterschieden sich nicht signifikant voneinander, wobei sie auf der Lee-Seite tendenziell zur Ackermitte hin zunahmen (Abb. 1A).

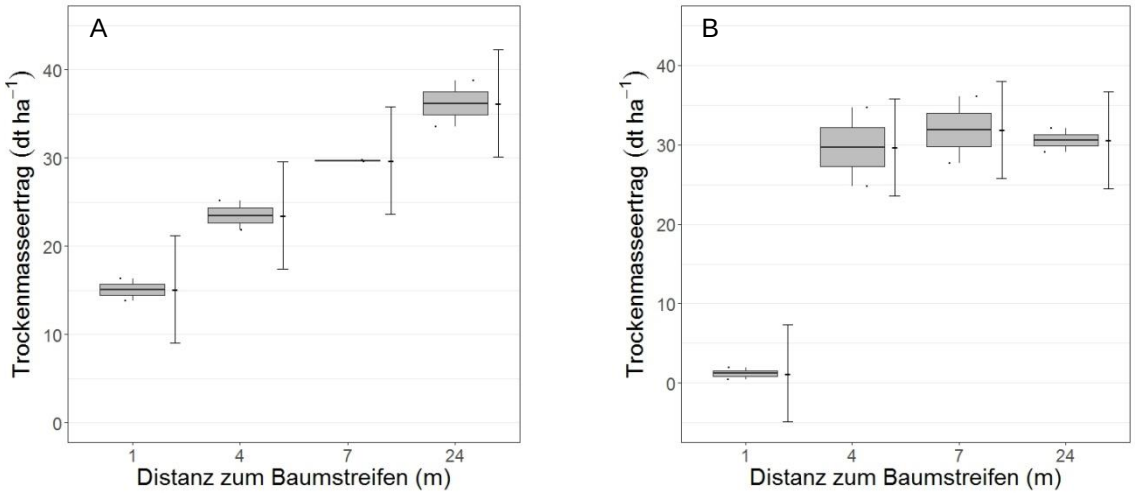


Abb. 1: *Boxplots der Rapserträge in unterschiedlichen Distanzen zum Baumstreifen auf der windabgewandten Lee- (A) und der windzugewandten Luv-Seite (B). Die Fehlerbalken sind die Konfidenzintervalle des selektierten Modells.*

Sowohl für den Winterraps (Abb. 2A) als auch für den Winterweizen (Abb. 2B) zeigte sich im langjährigen Vergleich der Ackerschläge im schmalen und breiten ACS sowie auf der Ackerreferenzfläche kein signifikanter Ertragsunterschied. Daraus kann geschlossen werden, dass die Ackererträge im ACS in unmittelbarere Nähe der Baumstreifen zwar deutlich reduziert sind, dass sich dies aber nicht negativ auf den langjährigen Ertrag des gesamten Schlages auswirkt.

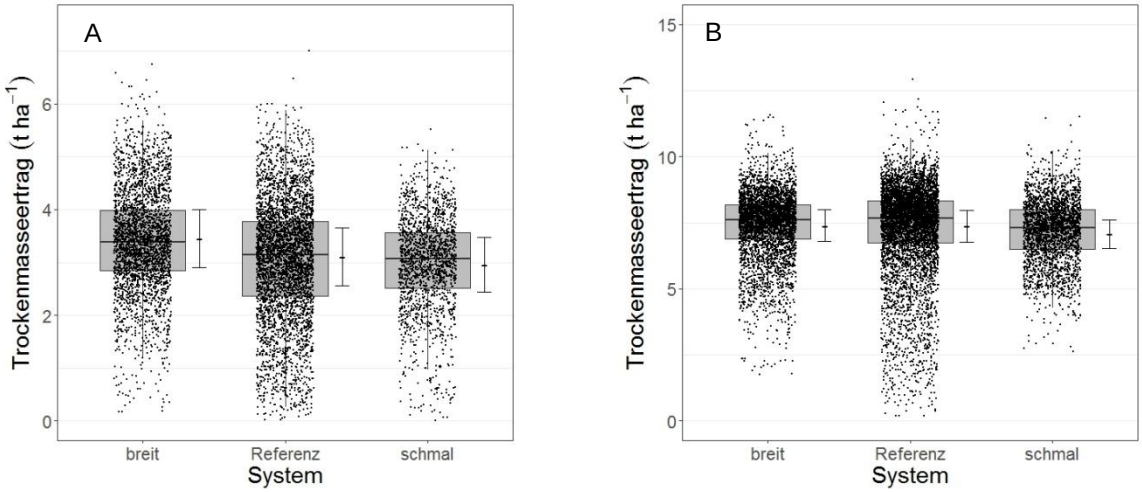


Abb. 2: *Boxplots mit überlagerten Streudiagrammen der Winterraps- (A) und Winterweizenerträge (B) der Jahre 2009-2016 der Ackerschläge im schmalen und breiten Alley-Cropping-Agroforstsystem sowie auf der baumlosen Ackerreferenzfläche. Die Fehlerbalken sind die Konfidenzintervalle des selektierten Modells.*

Literatur

Böhm C, Kanzler M, Freese D (2013) Agroforstsysteme in Südbrandenburg –Effekte auf Mikroklima und Wasserqualität. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 25:180-181.

Brandle JR, Hodges L, Zhou XH (2004) Windbreaks in North American agricultural systems. Agroforestry Systems 61:65–78.

Jose S, Gillespie AR, Pallardy SG (2004) Interspecific interactions in temperate agroforestry. Agroforestry Systems 61:237–255.

Pinho RC, Miller RP, Alfaia SS (2012) Agroforestry and the Improvement of Soil Fertility: A View from Amazonia. Applied and Environmental Soil Science, Article ID 616383, 11 pp.

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. Agroforestry Systems 85:133–152.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 58–59 (2017)

Etablierungsverfahren mehrjähriger Biogas-Wildpflanzenmischungen im Vergleich: Ohne Mais geht's nicht?

Moritz von Cossel[1], Kathrin Steberl[2], Jens Möhring[3], Andreas Kiesel[1] und Iris Lewandowski[1]

[1] Fachgebiet Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen, [2] Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, [3] Fachgebiet Biostatistik, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim Stuttgart. E-Mail: *moritz.cossel@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Mehrjährige Biogas-Wildpflanzenmischungen (WPM) verschiedener Anbieter sind seit einigen Jahren verfügbar und können als Grundlage für mehrjährige, artenreiche und dynamische Biogassubstrat-Anbausysteme dienen. Sie setzen sich aus ein-, zwei- und mehrjährigen blütenreichen und überwiegend wilden Genotypen heimischer Pflanzenarten zusammen (Vollrath et al., 2016; Von Cossel und Lewandowski, 2016). Ökologische Vorteile der WPM resultieren dabei nicht nur aus der Mehrjährigkeit und der hohen Anzahl vergesellschafteter Zielpflanzenarten, sondern auch aus dem geringen Bodenbearbeitungs- und Pestizidaufwand sowie dem für Offenland-Wild- und Vogelarten günstigen Erntezeitraum. Dies gilt insbesondere für WPM-Anbauflächen, die gezielt zur Habitatvernetzung ausgewählt werden. Auf siedlungsnahen Flächen können um WPM erweiterte Biogasfruchtfolgen außerdem durch eine optische Aufwertung der Landschaft zu einer Entschärfung von Nutzungskonflikten beitragen. Somit wären standortangepasste WPM unter ökologischen und sozialen Aspekten eine vielversprechende Erweiterung für Mais- oder Getreide-dominierte Biogasfruchtfolgen. Aufgrund des niedrigen und fluktuierenden Trockenmasseertrags- (TME-) sowie Methanbildungspotentials (MBP) ist der Anbau von WPM jedoch nicht wettbewerbsfähig. Ein sichererer und höherer Methanertrag im Jahr der WPM-Etablierung sowie eine verbesserte Beikrautregulierung sprechen daher für eine Untersaat der WPM zu Mais (Vollrath et al., 2016), doch hierrüber liegen erst wenige Forschungsergebnisse vor. In der vorliegenden Arbeit wurde deshalb der Einfluss verschiedener Etablierungsverfahren auf TME, MBP und Artenzusammensetzung der WPM untersucht.

Material und Methoden

Am Standort Hohenheim (N 48°42‘57.024“, O 9°12‘52.956“, 407 m NHN) wurde 2014 ein Feldversuch im Design einer vollrandomisierten Blockanlage mit unvollständigen Blöcken angelegt und seitdem fortgeführt. Unter anderem wurden zwei WPM (S1, S2 nach Von Cossel und Lewandowski, 2016) in jeweils drei Etablierungsverfahren (E1: Reinsaat; E2: Untersaat zu Mais; E3: Untersaat nach Gerste-GPS-Ernte; jeweils fünf Wdh. á 6 x 6 m) angelegt. Zur Anpassung an E2 wurden bei beiden WPM die Anteile an Sonnenblume in der Saatmischung durch Sojaschrot ersetzt. Die WPM wurden am 20.05.2014 (E1, E2) bzw. 27.06.2014 (E3) mit einer Parzellensämaschine gesät (0-1 cm tief, 10 kg ha^{-1}, 15 cm Reihenabstand) und mittels Cambridge-Walze angedrückt. Als Kontrolle wurde u.a. eine Mais-Monokultur („Carolinio“, KWS; S230) in drei Düngungsstufen (0, 90, 135 kg N ha^{-1} a^{-1}; je 2 Wdh.; N: mineralischer Stickstoff via ENTEC® 26(+13S), BASF) integriert. Die WPM erhielten 90 kg N ha^{-1} a^{-1} (in 2014 nur E1-2). Der TME wurde jedes Jahr via Handernte aus 4 m² Kernparzellen ermittelt. Alle WPM-Arten wurden separat geerntet, um deren TME-Anteile zu berechnen. Trocknung, Probenanalysen und Biogas-Batchtests

wurden durchgeführt wie in Von Cossel et al. (2017) beschrieben. Für die statistische Auswertung wurde die Prozedur ‚PROC MIXED' von SAS verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die von 2014 bis 2016 gemittelten TME von E1 lagen bei beiden WPM signifikant ($p < 0,01$) unter denen der gleich-gedüngten Mais-Monokultur, was den Erwartungen gemäß Literaturdaten (Vollrath et al., 2016) entsprach. E2 ermöglichte bei beiden WPM die Etablierung einer mit der WPM-Reinsaat vergleichbaren Anzahl zwei- und mehrjähriger WPM-Arten in 2015 (S1: 19,4; S2: 10,2) ohne signifikante Unterschiede im MBP, wobei das von E1 bis 3 gemittelte MBP von S2 ($269 \pm 3,9$ l_N kg^{-1} oTS^{-1}) signifikant höher war als das von S1 ($257 \pm 3,9$ l_N kg^{-1} oTS^{-1}) ($p < 0,01$). Der von 2015 bis 2016 gemittelte TME von E1 war bei der S2 dagegen signifikant ($p < 0,05$) höher als der von E2. Unter zusätzlicher Berücksichtigung der TME aus 2014 (von 2014 bis 2016 gemittelt), erbrachte E2 jedoch bei beiden WPM signifikant höhere TME (S1: $11,5 \pm 0,7$ Mg ha^{-1} a^{-1} ($p < 0,01$); S2: $13,6 \pm 0,5$ Mg ha^{-1} a^{-1} ($p < 0,05$) als E1 und E3. Zudem hat sich E2 im Etablierungsjahr bei beiden WPM nicht signifikant von der gleich-gedüngten Mais-Monokultur unterschieden, was bedeutet, dass trotz der WPM (Ø 2,3 % TME-Anteil) das TME-Potential von Mais ausgeschöpft werden konnte.

Das größte ökosystemische Potential hinsichtlich des Aspekts Schutz und Äsung für Offenland-Wild- und Vogelarten zeigte sich bei E3 zwischen 2014 und 2015, da der 2014er E3-Aufwuchs (bei S1 bereits sehr arten- und blütenreich) erst Ende Februar 2015 gemulcht wurde. Trockenheitsbedingt lückenhafter Feldaufgang führte bei E3 in beiden WPM jedoch zu starker Verbeikrautung und hätte unter Praxisbedingungen in drei (S1) bzw. zwei (S2) der fünf Wdh. einen frühzeitigen Umbruch erfordert. Demnach scheint die Untersaat zu Mais für vergleichbare Standorte bislang am sichersten und wirtschaftlichsten zu sein, um erste Praxiserfahrungen mit dem Anbausystem der WPM zu sammeln, wobei die ökologischen wie sozialen Leistungspotentiale durch die einjährigen WPM-Arten dann kaum genutzt werden würden. Soll auf diese jedoch nicht verzichtet werden, zeigen die ab 2015 teilweise mit Mais-Monokultur vergleichbaren TME von E1 (S2), dass der Anbau von WPM auch ohne Mais als Starthilfe sinnvoll sein kann.

Literatur

Vollrath, B., Werner, A., Degenbeck, M., Marzini, K., 2016. Energetische Verwertung von kräuterreichen Ansaaten in der Agrarlandschaft – eine ökologische und wirtschaftliche Alternative bei der Biogasproduktion (Phase II) (Schlussbericht), Energie aus Wildpflanzen. Bayerische Landesanstalt für Weinbau und Gartenbau, Veitshöchheim. URL: http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/berichte/22038211.pdf (Letzter Zugriff: 07.06.2017)

Von Cossel, M., Lewandowski, I., 2016. Perennial wild plant mixtures for biomass production: Impact of species composition dynamics on yield performance over a five-year cultivation period in southwest Germany. European Journal of Agronomy 79, 74-89. Doi: 10.1016/j.eja.2016.05.006

Von Cossel, M., Möhring, J., Kiesel, A., Lewandowski, I., 2017. Methane yield performance of amaranth (*Amaranthus hypochon*driacus L.) and its suitability for legume intercropping in comparison to maize (Zea mays L.). Industrial Crops & Products 103, 107-121. Doi: 10.1016/j.indcrop.2017.03.047

Das Vorhaben wurde im Rahmen der Initiative „BioProFi" mit Mitteln des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) über den Projektträger Jülich (PTJ) (Projekt: „GOBi"; Projektnummer: 03EK3525A) sowie aus Haushaltsmitteln der Universität Hohenheim gefördert.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 60–61 (2017)

Dauerkulturen als Alternative zu Energiemais

Sebastian Weisenburger[1], Annette Jilg[2] und Wilhelm Wurth[2]

[1] Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe; [2] Landwirtschaftliches Zentrum Baden-Württemberg, Aulendorf. E-Mail: *sebastian.weisenburger@ltz.bwl.de*

Einleitung

Nach Angaben der Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. wurden in Deutschland 2015 auf rund 1,4 Millionen Hektar Biogaspflanzen angebaut, davon alleine 0,9 Millionen Hektar Energiemais. Besonders in Veredelungsregionen mit einer hohen Biogasanlagendichte ist Mais häufig zu einem hohen Anteil in der Fruchtfolge vertreten. In diesen Regionen können Dauerkulturen einen Beitrag zur Agrobiodiversität leisten. Die Vorzüge der im Folgenden dargestellten Dauerkulturen liegen in Ihren Blüheigenschaften während der Trachtlücke in den Sommermonaten. Durch den mehrjährigen Anbau ohne Bodenbearbeitung können Organismengruppen profitieren, die besondere Funktionen im Agrarökosystem wie z.B. Bestäubung oder Bodenfruchtbarkeit steuern (Schorpp et al., 2012).

Material und Methoden

Von 2011 bis 2015 wurde vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) und dem Landwirtschaftlichen Zentrum Baden-Württemberg (LAZBW) in Aulendorf ein Versuch mit den Dauerkulturen Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*), Virginiamalve (*Sida hermaphrodita L.*), Topinambur (*Helianthus tuberosus L.*) und zwei Wildpflanzenmischungen (WPM) an den Standorten Rheinstetten-Forchheim, Aulendorf, Öhringen, Krauchenwies und Döggingen durchgeführt. Die Etablierung der Dauerkulturen Silphie, Virginiamalve und Topinambur erfolgte durch Pflanzung. Um einen Vergleich zu etablierten Biogassubstraten zu ermöglichen wurde an den Standorten Rheinstetten-Forchheim und Aulendorf zusätzlich Parzellen mit Silomais und Triticale angelegt. In den Jahren 2011 bis 2014 wurden die Dauerkulturen zu einem frühen und einem späten Erntetermin geerntet. 2015 beschränkte sich die Ernte auf den, in den Vorjahren ermittelten optimalen Erntetermin. Neben den Erträgen und dem Trockenmassegehalt wurden die Silagequalität und die spezifische Methanbildung mittels Hohenheimer Biogasertragstest ermittelt. Zusätzlich wurden Nmin-Untersuchungen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigten sich im Versuch teils erhebliche Standort- und Kulturartunterschiede. Die durchschnittlich höchsten Erträge der Dauerkulturen konnten am kühl-feuchten Standort Aulendorf ermittelt werden. Rheinstetten-Forchheim, mit den geringsten Jahresniederschlägen von 742 mm und der höchsten Durchschnittstemperatur von 10,1 °C, zeigte über die Kulturen hinweg die niedrigsten Erträge. Tab. 1 zeigt die Durchschnittserträge der Dauerkulturen über die Hauptertragsjahre 2012 - 2014 von Aulendorf und Rheinstetten-Forchheim. Das Etablierungsjahr in dem Silphie und Virginiamalve (Sida) keine Erträge realisieren können ist nicht eingerechnet. Die Virginiamalve zeigte mit durchschnittlich 6,6 t TM ha^{-1} in Aulendorf von allen Dauerkulturen die niedrigsten Erträge. Es kam über die Jahre zu einem deutlichen Ertragsrückgang, welcher auf eine zunehmende Verunkrautung zurückzuführen war. Topinambur erreichte in den ersten Jahren teils gute Erträge. In Döggingen konnte

im ersten Jahr 19,4 t TM ha^{-1} geerntet werden. Auch bei Topinambur trat über die Jahre an allen Standorten ein Ertragsrückgang ein. Besonders ausgeprägt war der Ertragseinbruch in Rheinstetten-Forchheim. Hier konnte 2014 nur noch ein Trockenmasseertrag von 4,5 t ha^{-1} erzielt werden, 2015 wurde aufgrund der starken Verunkrautung nicht mehr geerntet. Die Silphie wies als einzige der untersuchten Dauerkulturen stabile Erträge über die Versuchsjahre auf. Der höchste Ertrag wurde 2013 mit 18,2 t TM ha^{-1} in Aulendorf erzielt, im mehrjährigen Durchschnitt lagen die Erträge ca. 20 % unter der Referenzart Silomais.

Tab.1 Trockenmasseertrag (t/ha*a) und spezifische Methanausbeute (Nl/kg oTM) im dreijährigen Mittel (2012 – 2014)

	Rheinstetten-Forchheim		**Aulendorf**	
	TM-Ertrag	Spezifische Methanausbeute	TM-Ertrag	Spezifische Methanausbeute
Silphie früh	11,6 a	290 c	17,7 b	281 cd
Silphie mittel	11,1 ab	251 ef		
Silphie spät	9,2 bcd	275 d	16,4 bc	270 e
Topinambur früh	8,8 cd	298 *	11,5 e	288 c
Topinambur mittel	8,2 cde	286 *		
Topinambur spät	9,4 abc	294 *	13,3 d	276 de
Virginiamalve früh	7,5 de	253 e	9,1 fg	253 f
Virginiamalve mittel	7,8 de	235 g		
Virginiamalve spät	6,6 e	237 g	9,9 efg	244 g
WPM 1 früh	7,6 de	245 f	9,9 efg	259 f
WPM 1 mittel	7,6 de	214 i		
WPM 1 spät	7,4 de	233 g	8,4 g	234 f
WPM 2 früh	11 **	236 g	10,8 ef	
WPM 2 spät	10,5 **	221 h		223 i
Mais	20,2 **	363 a	21,1 a	369 a
Triticale-GPS	11,1 ab	321 b	15,2 c	337 b
LSD 5 %	2,1	6,4	1,7	8,4

*Am Standort Forchheim nur 2-jähriges Mittel, statistisch nicht auswertbar **statistisch nicht auswertbar

Bei den Methanausbeuten konnten bei den Kulturen nur geringe Standortunterschiede festgestellt werden. Es wurden jedoch Unterschiede zwischen den Kulturen ermittelt. Es zeigte sich, dass die spezifische Methanausbeute bei den späteren Ernteterminen tendenziell abnahm. Daher ist der Erntetermin so zu wählen, dass einerseits ein hoher Masseertrag erzielt wird, aber andererseits für eine verlustarme Silierung ein optimaler TM-Gehalt und ein hoher Vergärbarkeitskoeffizient erreicht werden. Im Vergleich zu den Dauerkulturen erreichte Silomais mit 363 Nl/kg oTM deutlich höhere Methanausbeuten. In Verbindung mit den höheren TM-Erträgen von Silomais bleiben die Dauerkulturen im Methanertrag daher deutlich zurück (17 bis 70%). Um die gleichen Methanerträge zu erreichen wäre bei den mehrjährigen Kulturen die 1,5 – 4 fache Ackerfläche notwendig.

Literatur

Schorpp, Q., Müller, A., Schrader, S., Dauber J., 2012: Agrarökologisches Potential der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum L.*) aus Sicht biologischer Vielfalt. Journal für Kulturpflanzen, 68, S. 412 – 422

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 62–63 (2017)

Yield trends at the long-term fertilization experiment Dikopshof: importance of interactions between nutrient supply and cultivar improvement

V. Rueda-Ayala[1,2], H. Ahrends[1], S. Siebert[1], T. Gaiser[1], H. Hüging[1] and F. Ewert[1,3]

[1] Institute for Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Bonn, Germany;
[2] Norwegian Institute of Bioeconomy Research, NIBIO, KleppStasjon, Norway;
[3] Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg, Germany.
E-Mail: *hahrends@uni-bonn.de*

Introduction

The combined effect of cultivar improvement and fertilizer application and their interaction on long-term (>50 years) yield trends is still little known. Such knowledge is not only critical for regions with limited access to fertilizer and soil nutrient deficiency, but also for highly productive agricultural areas where a balanced nutrient management is required for a sustainable crop production. Here we present an analysis of long-term yield trends observed for 4 different crops grown in a crop rotation in Germany. Trends integrate the combined effect of changing cultivars and 24 different fertilization treatments over a period of more than 50 years. The objective was to test for significant differences in trends caused by the nutrient fertilization rate and fertilizer type.

Material and Methods

We used winter wheat (*Triticum aestivum* L.), winter rye (*Secale cereale* L.), sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and potato (*Solanum tuberosum* L.) yield data (1953-2009) from a long-term fertilization experiment established in 1904 (Dikopshof, Western Germany). The soil type refers to a Haplic (Chromic) Luvisol. The long-term mean annual precipitation is 633 mm and the mean air temperature 10.0 dC. The experiment consisted of five blocks, each one containing one crop and 24 treatments arranged in 120 plots of the size 18.5 × 15 m, thus without replications during the same year. All crops were rotated across the five blocks every year in the following sequence: sugar beet, winter wheat, winter rye, Persian clover, potato. We applied a mixed linear model to calculate adjusted least square means of crop yields (Rijk et al. 2013):

$$y_{ijk} = \mu + C_i + F_j + (CF)_{ij} + Y_k + (FY)_{jk}$$

where y_{ijk} is the adjusted mean of crop yield (t ha^{-1}) in the *i*th testing period of the cultivar and the *j*th fertilizer treatment, μ is the overall mean, C_i is the main effect of the *i*th testing year of cultivar *C*, F_j is the main effect of the *j*th fertilizer treatment *F*, $(CF)_{ij}$ is the interaction effect of the *i*th testing year of the cultivar and the *j*th fertilizer treatment, which was considered as random; (*FY*) is the interaction effect of the *j*th fertilizer treatment and the *k*th calendar year, including the random variation due to yearly climatic changes and the residual error. Yield trends including the interaction between genetic enhancement of new cultivars and fertilizer treatment were described by fitting a linear regression model of the adjusted yield means against calendar years. We applied t-tests to test for significant differences between yield trends due to the reduction and/or omission of single nutrients and due to fertilizer type (synthetic vs. manure). Due to the lack of replications slopes had to be grouped

regardless of supplements. Model fitting and calculations were performed using the packages ‘nlme’, ‘lme4’ and ‘lsmeans’.

Results and Discussion

At higher fertilization levels yields linearly increased with significant yield trends ranging up to ~0.15 t ha^{-1} a^{-1} for cereals and up to ~0.5 and 0.4 t ha^{-1} a^{-1} for beet and tuber yields, respectively. In contrast, except for wheat, yield trends were non-significant or even negative in treatments with low or missing fertilization. Linear regression fits between fertilizer application rates and crop yields show that yield trends were mainly affected by N application rates. For cereals grown on plots where N fertilizer was omitted the model’s intercept was positive and indicates a yield increase up to levels of ~30 kg ha^{-1} a^{-1}. In contrast, sugar beet and potato yields obtained from these plots declined. For plots and crops supplied with manure (winter rye, sugar beet and potato), estimated trends are higher compared with those plots receiving the same amount of nutrients with synthetic fertilizers. We speculate that yields benefited from the build-up of carbon pools and soil biological activity due to long-term manure application. In summary, our results highlight the strong effect of nutrient inputs and their interaction with the breeding progress on crop production and their essential role for maintaining a sustainable yield progress on a long-term basis (Edmeades 2003).

Literature

Edmeades, D.C., 2003. The long-term effects of manures and fertilisers on soil productivity and quality: a review. Nutr Cycling Agroecosyst 66, 165–180. doi:10.1023/A:1023999816690.

Rijk, B., van Ittersum, M., Withagen, J., 2013. Genetic progress in dutch crop yields. Field Crop Res 149, 262–268. doi:10.1016/j.fcr.2013.05.008

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 64–65 (2017)

Wirkung der Mineraldüngung auf die Boden-C- und N-Gehalte in den Hallenser Dauerdüngungsversuchen

Wolfgang Merbach, Lothar Schmidt und Friedhelm Herbst

Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Julius- Kühn- Straße 25, 06112 Halle (Saale). E-Mail: *merbach@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Über den Mineraldüngereinfluss auf die Boden-Humus (C und N) Gehalte existieren unterschiedliche Meinungen. Einerseits wurden als Folge erhöhter Ernte- und Wurzelrückstände positive Wirkungen beobachtet (z. B. Schmalfuß 1969). Zum anderen ist eine Förderung der Mineralisierung beschrieben worden (z. B. Zimmer et al. 2005), was die Öffentlichkeit zuweilen negativ bewertet (Montgomery 2010). Dauerversuche, in denen Langzeitwirkungen der Mineraldüngung auf die Boden-C- und N-Gehalte geprüft werden, bieten eine Möglichkeit zur Klärung dieser Problematik. Nachfolgend ist dies anhand der Hallenser Dauerdüngungsversuche geschehen (Ewiger Roggen, begründet 1878 durch Julius Kühn; Feld F mit mineralisch-organischer Düngung bzw Bodenbildungsversuch, beide begründet durch Schmalfuß 1948).

Material und Methoden

Die Dauerversuche befinden sich auf dem Julius-Kühn-Feld bzw. in der Kuckhoff-Straße (Bodenbildungsversuch) in Halle (Saale). Geologie, Bodenbedingungen und Klima sind bei Merbach und Deubel (2007) beschrieben. Bis 1995 lagen die N-Immissionen bei 50 kg N, heute bei 12 kg N bzw. 5 kg K pro ha und Jahr.

Der ***Ewige Roggen*** mit 5 Düngungsvarianten (ohne Düngung, N, PK, NPK, Stallmist) wurde als Roggenmonokultur ohne Wiederholungen angelegt. Ab 1961 existieren Teilflächen mit Kartoffeln und Silomais (Details bei Herbst et al. 2016). Der Dauerversuch zur ***mineralisch-organischen Düngung*** umfasst gestaffelte Mineraldüngergaben, die allein oder in Kombination mit organischer Düngung (Stallmist, Stroh) bei 4 bis 6 Wiederholungen und sechsgliedriger Fruchtfolge verabreicht wurden (Einzelheiten bei Merbach et al. 2013 bzw. Herbst et al. 2016). Im ***Bodenbildungsversuch*** wurde die Bodenentwicklung aus inertem Löss bei unterschiedlicher N- und P- Mineraldüngung untersucht (Details siehe Beschow et al. 2000).

Ergebnisse und Diskussion

Ewiger Roggenbau**:** Mineral- und speziell Stallmistdüngung vergrößerten die C- und N- Gehalte im Vergleich zur ungedüngten Variante. (für C siehe Abb., für N vgl. Herbst et al. 2016). In den letzten Dekaden trat eine Verringerung der Boden-C-und N-Gehalte auf, die bei der ungedüngten Teilfläche stärker als in den Varianten mit Düngung ausgeprägt war. Als mögliche Ursachen kommen tieferes Pflügen (Verdünnungseffekt) und die oben genannte Reduzierung der Immissionen in Betracht. Korrelationsrechnungen zeigten, dass der Pflanzenertrag den Humusgehalt viel stärker bestimmt als umgekehrt (vgl. Herbst et al. 2016).

Versuch zur ***mineralisch-organischen Düngung***: Steigende N -Gaben (45 Jahre) erhöhten in der Regel die Bodenhumus-Gehalte unabhängig von der Strohdüngung. NPK wirkte positiver als NK oder NP. Alleinige PK –Düngung verringerte die Boden-C- und N –Gehalte (Details siehe bei Herbst et al. 2016).

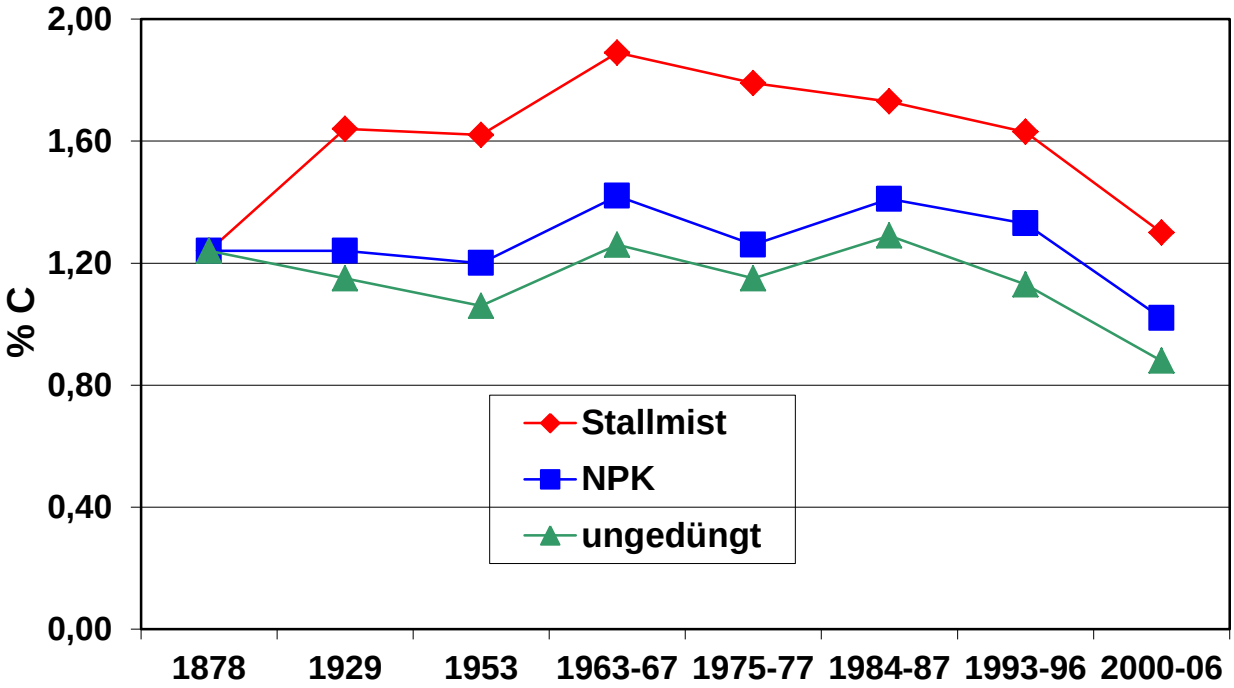


Abb.: Verlauf des C-Gehaltes in Winterroggenmonokultur (Ewiger Roggen Halle)

Im ***Bodenbildungsversuch*** erhöhte die Mineraldüngung die Boden- C- und N-Gehalte bis 2005 insbesondere in Abhängigkeit von der N- Dosierung um das Mehrfache. Dabei vergrößerte sich die Differenz zwischen der ungedüngten Variante (N_0) und der höchsten N-Stufe (N_4). Der P-Düngungseffekt war niedriger als derjenige des N. Zwischen dem Gehalt an organischer Bodensubstanz und dem Ertrag bestand eine enge positive Beziehung. (vgl. Herbst et al. 2016; Merbach u. Deubel 2007).
Zusammenfassend ergibt sich, dass die Mineraldüngung durch die Ernte- und Wurzelrückstände zur Mehrung des Humusgehaltes beiträgt.

Literatur

Beschow, H., Gransee, A., Merbach, W., 2000: Soil development on loess substrate in Central Germany – Results of a long-term trial on soil formation. J. Plant Nutr. Soil Sci. **163**, 359-365

Herbst, F., Schmidt, L., Merbach, W., 2016: Wirkung der Mineraldüngung auf die C- und N-Gehalte im Boden der Hallenser Dauerdüngungsversuche. Journ.f. Kulturpflanzen **68**, 328-337

Merbach, W., Deubel, A. 2007: The Long-Term Fertilization Trials in Halle /Saale, Germany. A Tool for Sustainable and Enviromentally Compatible Land Management. Teubner Research, Dt. Universitäts-Verlag / GWV Fachverlage GmbH Wiesbaden

Merbach, W., Herbst ,F., Eißner, H., Schmidt, L., Deubel, A. 2013: Influence of different long-term mineral-organic fertilization on yield, nutrient balance and soil C and N contents of a sandy loess (Haplic Phaeozem) in middle Germany. Arch. Agron. Soil Sci. **59**, 1059-1071

Montgomery, D. R., 2010: Dreck - Warum unsere Zivilisation den Boden unter den Füßen verliert. Oekom - Verlag, München

Schmalfuß, K., 1969: Zur Kenntnis der Bodenbildung. Sitzungsberichte Sächs. Akademie Wiss. Leipzig, Math.-Nat. Klasse **107** (3), 1-13

Zimmer, J., Roschke, M., Schulze, D.,2005: Einfluss unterschiedlicher organischer und mineralischer Düngung auf Ertragsleistung, organische Bodensubstanz und N-Bilanz eines diluvialen Sandbodens – Ergebnisse nach 45 Jahren Dauerfeldversuch P60 (Groß Kreutz, 1959-2003). Arch. Agron. Soil Sci. **51**, 135-149

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 66–67 (2017)

Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat – Auswertung der langjährigen Systemversuche in Baden-Württemberg

Kurt Möller, Christine Seiter, Holger Flaig und Jörn Breuer

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Karlsruhe.
E-Mail: *kurt.moeller@ltz.bwl.de*

Einleitung

Die Bodenbearbeitung spielt bei der landwirtschaftlichen Produktion eine zentrale Rolle, da sie pflanzenbauliche, bodenökologische und ökonomische Auswirkungen hat. Ziel der Bodenbearbeitung ist, optimale Wachstumsbedingungen für die Kulturpflanzen zu schaffen, indem Bodenverdichtungen aufgebrochen, vorbeugende Effekte gegen Verunkrautung und Krankheitsbefall erzielt und ein optimales Saat- bzw. Pflanzbett geschaffen werden. Zugleich kann sich Bodenbearbeitung sehr stark auf die Erosionsneigung eines Standortes auswirken. Zur Reduzierung der Erosionsgefahr werden schon seit mehreren Jahrzehnten alternative Formen der reduzierten Bodenbearbeitung getestet. Dazu gehören Verfahren flacher Grundbodenbearbeitung (z.B. Grubber) oder Direktsaatverfahren, die auf jegliche Grundbodenbearbeitung verzichten. Die langfristigen Auswirkungen der Umstellung auf konservierende Bodenbearbeitungssysteme auf pflanzenbauliche und bodenökologische Parameter wurden im Rahmen des Forschungsprojektes „Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von verschiedenen Bodenbearbeitungsverfahren - Systemvergleich zur Bodenbearbeitung“ in einem Versuchsnetz von naturräumlich repräsentativen Gebieten in Baden-Württemberg gemessen. Dabei wurden u.a. folgende Hypothesen untersucht: a) Der Ertrag wird durch die Bodenbearbeitungsintensität nicht beeinflusst, b) das Nitratauswaschungspotential wird durch die Art und Weise der Bodenbearbeitung nicht beeinflusst, c) aufgrund der unterschiedlich tiefen Durchmischung des Bodens je nach Bodenbearbeitung unterscheiden sich die Gehalte von Nährstoffen, C_{org} und C_{mic} je nach Bodentiefe, und damit auch ihre Verteilung im Solum.

Material und Methoden

Das vorliegende Projekt umfasste bis einschließlich der Ernte im Jahr 2015 insgesamt 18 Versuchsflächen an 14 Standorten in allen Regierungsbezirken Baden-Württembergs. Das Forschungsprojekt wurde 1995 begonnen, die vorliegenden Auswertungen beziehen sich auf den Zeitraum 1995 bis 2015. Während dieser langen Zeitspanne schieden einzelne Standorte aus, andere wurden hinzugenommen. Die Versuche wurden auf dem Einzelstandort ohne Wiederholung angelegt (Ausnahme: Biberach), dabei wurden viele verschiedene Kulturarten angebaut (Mais, Winterweizen, Zuckerrüben, Winter- und Sommergerste, Erbsen, Triticale, etc.). Bei der statistischen Berechnung wurde jeder Standort als eine Wiederholung betrachtet. Nachfolgende Varianten wurden untersucht: a) Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug (> 25 cm tief), b) reduzierte bzw. flache Grundbodenbearbeitung (10 bis 15 cm tief), c) Direktsaat ohne Grundbodenbearbeitung, sowie zeitweise d) eine modifizierte Direktsaat mit ganz flacher (< 5 cm) Grundbodenbearbeitung. Der Pflanzenschutz wurde systemangepasst vorgenommen, alle anderen Faktoren (Düngungshöhe, Aussaattermine und -mengen, etc.) blieben gleich. Erfasst wurden Aufgang, Ertrag,

Rohproteingehalte sowie zahlreiche Bodenparameter (Verteilung bzw. Schichtung der mikrobiellen Aktivität, Enzymaktivität, Gehalte an pflanzenverfügbarem Phosphor, pH-Wert, Humusgehalte, etc.).

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der langjährigen Versuche zeigen, verglichen mit der Pflugvariante (=100 %), eine relative Reduzierung der durchschnittlichen Erträge um ca. 5 % durch eine reduzierte, flache Bodenbearbeitung, bei Direktsaatverfahren betrug dieser Unterschied im Durchschnitt ca. 10 % (Abbildung 1). Die modifizierte Direktsaat mit ganz flacher Bodenbearbeitung vor der Aussaat hat sich kaum auf die Erträge ausgewirkt im Vergleich zur Direktsaat. Bei den Erträgen sind signifikante Wechselwirkungen von Bodenbearbeitungssystem und Kulturart zu beachten (nicht dargestellt). Winterweizen reagierte kaum auf eine reduzierte Bodenbearbeitung, dagegen waren die Unterschiede zwischen der Pflugkontrolle und den Direktsaatverfahren bei Winter- und Sommergerste, Winterraps, Zuckerrüben und Körnermais signifikant (nicht dargestellt). Die Rohproteingehalte unterschieden sich nicht zwischen den Varianten, sodass sich die N-Aufnahmen durch die Ernteprodukte entsprechend den Erträgen unterschieden.

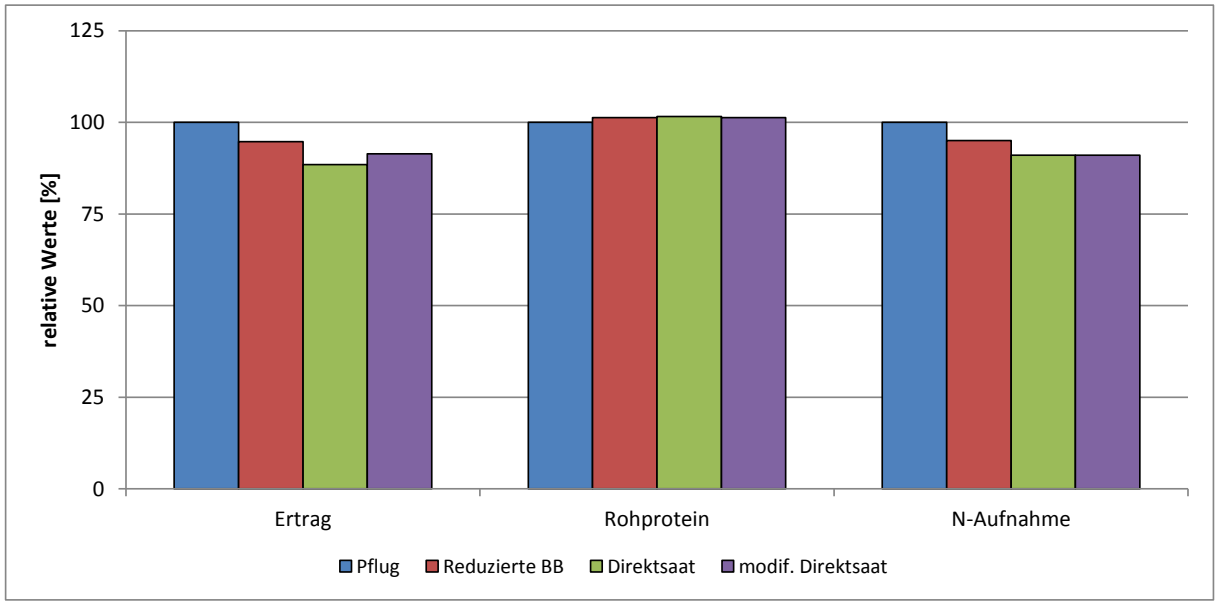


Abbildung 1: Relative Erträge, Rohproteingehalte und N-Aufnahme Ernteprodukte [in Prozent zur Pflugvariante als Kontrolle]

Das Nitratauswaschungspotenzial unterschied sich zwischen den Bodenbearbeitungssystemen kaum - tendenziell nur bei Sommerungen (nicht dargestellt). Im Boden wurde bei Direktsaatverfahren eine deutliche Schichtung bodenbiologischer Parameter wie mikrobielle Aktivität und Enzymaktivität festgestellt. Die Bodenbearbeitungssysteme wirkten sich auch deutlich auf die Schichtung der Nährstoff- und Humusgehalte aus (nicht dargestellt). Insbesondere bei Direktsaatverfahren wurde eine deutliche Anreicherung von Phosphor und Humus in den obersten 5 cm festgestellt. Die Berechnungen des Gesamtgehalts von Humus bis in 50 cm Tiefe zeigen aber auch, dass durch reduzierte Bodenbearbeitung langfristig keine Humusanreicherung im Boden im Vergleich zu einem Pflugverfahren erzielt werden kann.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 68–69 (2017)

Fruchtfolgen – ökonomisch, ökologisch und landschaftsprägend

Andrea Ziesemer

Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg Vorpommern, Gülzow-Prüzen.
E-Mail: *a.ziesemer@lfa.mvnet.de*

Einleitung

Vielfältige und an den Standort angepasste Fruchtfolgen haben positive Auswirkungen, vor allem im Hinblick auf den Boden- und Gewässerschutz, Nährstoffkreisläufe und ein ausgewogenes Landschaftsbild. Preis- und Agrarpolitik beeinflussen maßgeblich die Gestaltung der Fruchtfolge. Das Streben nach höchster Rentabilität führte zur Anbauausdehnung von Fruchtarten mit einer hohen Wirtschaftlichkeit auf Kosten weniger wirtschaftlicher Arten.

Dies spiegelt sich im Ackerflächenverhältnis wider. In Mecklenburg-Vorpommern (M-V) bestimmen die Mähdruschfrüchte das Landschaftsbild. Auf mehr als der Hälfte des Ackerlandes werden Winterweizen (32%) und Winterraps (21%) angebaut. Silomais kommt auf 13%, Wintergerste auf 11%, Roggen und Triticale auf 6%. Sommergetreide und Hackfrüchte liegen jeweils bei 3%, Körnerleguminosen bei 2%. Feldfutter und Brache hatten einen Anteil von 7%.

Das Ackerflächenverhältnis und die darauf aufbauenden Fruchtfolgen in M-V haben sich im Hinblick auf die Entwicklung von Krankheiten und Schädlinge sowie den Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln nicht günstig entwickelt. Daher soll den Fragen nachgegangen werden, ob eine Aufweitung der dreifeldrigen Fruchtfolge Raps-Weizen-Weizen, der Anbau von Zwischenfrüchten sowie eine Reduzierung der Stickstoffdüngung zur Senkung der Stickstoffsalden beitragen kann und wie sich die Wirtschaftlichkeit entwickelt.

Material und Methoden

Eine Modellierung der Fruchtfolgen erfolgte für die Erntejahre 2012 bis 2016 auf der Grundlage der Daten aus den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V (Tab. 1, Status quo). Nach ihrer Vorfruchtstellung wurden die Kulturen mit den dazugehörigen Erträgen, Aufwendungen für Saatgut und Pflanzenschutz sowie die Höhe der Stickstoffdüngung zusammengestellt. Die Berechnung der Düngungskosten für Phosphor und Kalium erfolgte nach Entzug, für Kalk nach Bodengehaltsklasse sowie auf Basis mittlerer Preise des Erntejahres 2015/16. Silomais erhielt neben dem mineralischen Dünger 30 m^3 Gülle, die monetär nicht bewertet wurden. Die Kalkulation der variablen Maschinenkosten erfolgte mit KTBL-Daten. Als Erzeugerpreise fanden die durch die Referenzbetriebe im Erntejahr 2016 realisierten Preise Berücksichtigung.

Für die Fruchtfolgen mit Zwischenfruchtanbau wurde aus Versuchen abgeleitet, dass Zwischenfrüchte ein hohes N-Konservierungspotential haben. Daher konnte so kalkuliert werden, dass der nach Zwischenfrucht folgende Silomais ausschließlich 40 m^3 Gülle erhielt und die N-Düngung zum Hafer von 127 auf 100 kg/ha N gesenkt wurde.

Ergebnisse und Diskussion

Die vierfeldrigen Fruchtfolgen erreichten höhere Deckungsbeiträge als die dreifeldrige Mähdruschfolge. Zurückzuführen ist dies auf höhere Erlöse und

Einsparungen bei den Pflanzenschutz- und Düngungskosten. Das Integrieren von Zwischenfrüchten in die vierfeldrigen Rotationen ließ die Wirtschaftlichkeit sinken.

Beim Stickstoffsaldo unterschritten im Status quo nur die vierfeldrigen Rotationen mit Zwischenfruchtanbau die 50-kg-Grenze.

In allen Fruchtfolgen wurde die Stickstoffdüngung den Vorgaben der neuen Düngeverordnung ($DüV_{neu}$) angepasst. Es erfolgte eine Reduzierung der Stickstoffdüngung zu Raps von 229 auf 210 kg/ha N (170 kg/ha N im Erntejahr nach $DüV_{neu}$ und Herbstgabe von 40 kg/ha N). Zu Rapsweizen können nach $DüV_{neu}$ noch 190 kg/ha N ausgebracht werden. Auch der Stoppelweizen der dreifeldrigen Rotation wurde auf dieses N-Düngungsniveau abgesenkt, um die Einhaltung des N-Saldos zu ermöglichen.

Auf Basis der Produktionsfunktionen aus langjährigen Stickstoffsteigerungsversuchen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei M-V wurden die Ertragsauswirkungen kalkuliert. Da die Produktionsfunktionen in ihrem Scheitel sehr flach verlaufen und die Stickstoffdüngung in den Referenzbetrieben über dem Ertragsoptimum lag, hatte die Reduzierung der Stickstoffdüngung nur sehr geringe Auswirkungen auf den Ertrag. Die Einsparungen durch die reduzierte N-Düngung waren höher als der Rückgang der Marktleistung. Die Deckungsbeiträge stiegen geringfügig an (Tab. 1, reduzierte N-Düngung).

Durch die Reduzierung der Stickstoffdüngung konnte in allen Fruchtfolgen der geforderte N-Saldo von 50 kg/ha N eingehalten werden. Wie sich die Erträge der Kulturen unter dem Einfluss einer reduzierten N-Düngung tatsächlich entwickeln werden, wird sich erst in einigen Jahren zeigen und erfordert die Begleitung durch die Forschung. Das moderate Absenken der Stickstoffdüngung und die Auflockerung enger Fruchtfolgen können auf jeden Fall einen wesentlichen Beitrag zu einem umweltfreundlichen Ackerbau leisten. Die Ergebnisse der Kalkulation zeigen, dass das wirtschaftliche Niveau nicht sinken muss. Der Anbau von Zwischenfrüchten lässt den Deckungsbeitrag sinken, jedoch können der Stickstoffsaldo und gleichzeitig Greeningauflagen eingehalten werden.

Tab. 1: Kennzahlen und Ergebnisse der Kalkulation von Fruchtfolgen pro Jahr (D4/5-Standorte, AZ 34-59)

		WRa WW WW		**WRa WW SM WW**		**WRa WW+ZWF[4] SM WW**		**WRa WW Ha WW**		**WRa WW+ZWF[4] Ha WW**	
		S[1]	**R[2]**	**S[1]**	**R[2]**	**S[1]**	**R[2]**	**S[1]**	**R[2]**	**S[1]**	**R[2]**
GE-Erträge[3]	dt/ha	75,6	75,0	73,6	72,9	73,6	72,9	74,4	73,8	74,4	73,8
Stickstoffdüngung	kg/ha	225	197	215	197	198	180	196	179	189	173
Marktleistung	€/ha	1.325	1.310	1.350	1.338	1.350	1.338	1.291	1.280	1.291	1.280
Saatgut	€/ha	71		111		124		61		73	
Pflanzenschutz	€/ha	188		152		157		154		158	
Düngung	€/ha	302	279	253	238	233	218	273	259	267	254
var. Maschinenkosten	€/ha	148		170		196		131		143	
Deckungsbeitrag	€/ha	617	624	664	667	639	643	673	675	649	651
Stickstoffsaldo	kg/ha	76	50	64	48	48	31	55	39	48	33

1) Status quo
2) reduzierte N-Düngung
3) Ertrag in Getreideeinheiten
4) Zwischenfrucht

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 70–71 (2017)

Einfluss von Bewässerung auf Ertrag und Ertragsstabilität bei neun Ackerbaukulturen

Andreas F. Butz[1] und Klaus Mastel[1,2]

[1] Referat Pflanzenbau, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Rheinstetten-Forchheim; E-Mail: *andreas.butz@ltz.bwl.de;* [2] neue Adresse: Referat Pflanzliche und tierische Erzeugung, Regierungspräsidium Freiburg

Einleitung

Die Beregnung von Ackerbaukulturen wird als Anpassungsstrategie für den Klimawandel und zur Ertragsabsicherung im Ackerbau in der oberrheinischen Tiefebene diskutiert und auch zunehmend praktiziert. Im Rahmen eines Feldversuches wurden die Bewässerungswürdigkeit sowie das Potenzial zur Wassereinsparung durch Defizitbewässerung im Ackerbau geprüft.

Material und Methoden

In den Jahren 2012-2016 wurde der Einfluss von zwei Bewässerungsstrategien auf den Ertrag und die Ertragsstabilität bei neun Ackerbaukulturen auf dem sandigen Trockenstandort Rheinstetten-Forchheim (lS, AZ 30, nutzbare Feldkapazität (nFK) 13 %, langjährige Mittel: Temperatur 10,1 °C, Niederschlag 742 mm) in der Rheinebene geprüft. Hierzu wurde bei den Ackerbaukulturen Wintergerste (GW), Winterroggen (RW), Wintertriticale (TIW), Winterweizen (WW), Sommerbraugerste (GS), Futtererbsen (EF), Soja (SJ) Körnersorghum (KS) und Körnermais (KM) jeweils eine zweifaktorielle Spaltanlage mit den Faktoren Bewässerung und Sorte (je Kultur zwei Sorten) angelegt. Im Versuch wurden folgende Bewässerungsvarianten untersucht: (1) keine Bewässerung, (2) reduzierte Bewässerung (Defizitbewässerung in Abhängigkeit vom Entwicklungsstadium) und (3) optimale Bewässerung, jeweils gesteuert mit dem klimatischen Bodenwassermodell (Agrowetter Beregnung) des Deutschen Wetterdienstes (Jansen 2009). Bei der reduzierten Bewässerung (2) erfolgte die Bewässerung in auf Trockenheit ertragssensiblen Entwicklungsstadien ab nFK 30-35 %, In der optimalen Bewässerung (3) wurde ab einer Bodenfeuchte von 40 - 45 % nFK bewässert. Die Kulturführung einschließlich Düngung und Pflanzenschutz orientierte sich an der optimalen Bewässerungsvariante.

Im Versuch wurden die Bestandesentwicklung, die Erträge und die Qualität (u.a. Proteingehalt) erhoben. Die Datenanalyse des Ertrags erfolgte als gemischtes Model mit dem R GNU mit dem Packet nlme. Die Ertragsstabilität wurde nach Francis & Kannenberg (1978) anhand des Variationskoeffizienten (CV) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Bis auf das Jahr 2016 bestand in allen fünf Versuchsjahren bei allen geprüften Kulturen ein Zusatzwasserbedarf. Die Winterungen wurden in 2016 nicht beregnet. Die mittlere Beregnungsmenge (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden erden.**) konnte durch die reduzierte Bewässerung im Vergleich zur optimalen Variante im Mittel der Jahre von 26 % bei Sojabohne bis zu 49 % bei Körnererbsen reduziert werden. Mit Ausnahme der Wintergerste ist die mittlere ausgebrachte Beregnungsmenge bei der reduzierten Beregnung signifikant geringer als bei der optimalen Beregnung. Beide Beregnungsvarianten (2 und 3) führten zu höheren Erträgen (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**), die in den eisten Jahren und Kulturen signifikant höher war, als ohne Beregnung (Daten nicht

dargestellt). Die Erträge bei reduzierter Bewässerung (2) unterschieden sich in vielen Jahren nicht von der optimalen Beregnung (3), jedoch nicht in allen Jahren und nicht bei allen Kulturen gleichermaßen (Daten nicht gezeigt). Grundsätzlich konnte durch beide Beregnungsvarianten die Variation des Ertrages (CV) über die Jahre verringert werden (**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

Tabelle 1: Beregnungsmenge [mm], Ertrag (Mittelwert und Standardfehler (se)) und Variationskoeffizient des Ertrages (CV) über die Sorten und Versuchsjahre (2012-2016)

		Beregnungsmenge		Ertrag [dt/ha 86 % TM]		
Kultur	**Beregnung**	**Mittel**	**se**	**Mittel**	**se**	**CV**
EF	unberegnet			32,6	1,86	30,1
EF	reduziert	67	20	47,1	1,57	18,0
EF	optimal	108	27	49,4	1,76	19,5
GS	unberegnet			56,6	2,41	23,3
GS	reduziert	78	21	73,6	1,41	10,5
GS	optimal	107	26	77,0	0,94	6,7
GW	unberegnet			72,8	2,31	15,8
GW	reduziert	43	11	79,8	1,69	10,6
GW	optimal	70	15	82,3	1,81	11,6
KM	unberegnet			53,3	7,18	72,5
KM	reduziert	101	12	113,6	4,91	23,7
KM	optimal	156	22	124,0	4,35	19,2
KS	unberegnet			32,6	5,09	85,4
KS	reduziert	91	18	52,8	5,15	53,3
KS	optimal	143	21	58,9	5,01	46,6
SJ	unberegnet			12,7	1,35	58,3
SJ	reduziert	129	14	31,7	1,06	18,4
SJ	optimal	176	22	38,5	0,82	11,6
RW	unberegnet			64,7	3,08	26,0
RW	reduziert	56	14	80,8	1,82	11,0
RW	optimal	101	25	90,3	2,86	15,5
TIW	unberegnet			67,3	3,12	25,4
TIW	reduziert	73	23	90,9	2,38	12,8
TIW	optimal	106	26	95,5	2,83	14,5
WW	unberegnet			59,7	2,41	22,2
WW	reduziert	80	20	79,7	3,09	19,0
WW	optimal	116	18	81,0	2,99	18,1

Die Ergebnisse zeigen, dass zum einen Wassereinsparpotenziale bei der Beregnung bestehen, und zum anderen die Beregnung einen potenziellen Beitrag zur Ertragssteigerung und Ertragsstabilisierung im Ackerbau leisten kann.

Literatur

Francis, T.R., L.W. Kannenberg. 1978. Yield stability studies in short-season maize. I. A descriptive method for grouping genotypes. Canadian Journal of Plant Science 58: 1029–1034.

Janssen, W. 2009. Online irrigation service for fruit and vegetable crops at farmers site. In 9th EMS Annual Meeting, 9th European Conference on Applications of Meteorology (ECAM).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 72–73 (2017)

Der Einfluss von reduzierter Bodenbearbeitung und Zwischenfrüchten auf die Unkrautsamenbank nach ökologischem Winterweizen- und Kartoffelbau

J.H. Schmidt, S. Junge und M.R. Finckh

FG Ökol. Pflanzenschutz, Universität Kassel, Witzenhausen. E-Mail: *jschmidt@agrar.uni-kassel.de*

Einleitung

Bodendegradierung und Klimawandel erfordern global eine extensivere und nachhaltigere Bewirtschaftung der Böden. Das Ziel ist die permanente Bodenbedeckung durch Rückstandsreste bei reduzierter Bodenbearbeitung und durch den Anbau von Zwischenfrüchten oder Untersaaten. Während der Anbau von Zwischenfrüchten und Untersaaten in der ökologischen Landwirtschaft bereits stark verbreitet ist, können und wollen viele Landwirte nicht auf den Pflug oder andere intensive Arbeitsgeräte verzichten. Fehlendes Know-How und die Zunahme von Unkräutern unter reduzierter Bearbeitung sind häufig genannte Gründe, weshalb in den meisten Fällen immer noch auf den Pflug zurückgegriffen wird (Schmidt 2010). Am Standort Neu-Eichenberg der Universität Kassel wurde ein Minimalbodenbearbeitungssystem kombiniert mit Lebend- und Totmulchen und Zwischenfrüchten mit dem konventionellen Pflugsystem verglichen. Untersucht wurde die lebendige Unkrautsamenbank im Boden vor und nach der zweijährigen Fruchtfolge bestehend aus Winterweizen und Kartoffel.

Material und Methoden

In den Jahren 2010 (Exp. 1) und 2011 (Exp. 2) wurden am Standort Neu-Eichenberg der Universität Kassel (Richtlinien des Bioland e.V.) zwei auf längere Zeit konzipierte Versuche in einer Fruchtfolge beginnend mit 2-jährigem Kleegrass, Winterweizen und Kartoffeln angelegt. Die Versuche sind als Split-Plot angelegt und vierfach wiederholt mit insgesamt 64 Parzellen. Versuchsfaktoren in der Fruchtfolge Weizen-Kartoffel waren I: Pflug versus Minimalbodenbearbeitung, die teilweise Grubber, teilweise Direktsaat (Weizen) vorsieht, II: der Einsatz von Kleeuntersaaten im Getreide oder von Zwischenfrüchten (Sommerwicke, Ölrettich im 1:4 Gemenge mit Rauhafer), die nach der Getreideernte gesät wurden. und III: Regelmäßiger Einsatz von durchschnittlich 5 t ha^{-1} hochwertiger Grüngutkomposte auf der Hälfte der Parzellen. Die Untersaaten im Winterweizen in Exp. 1 konnten sich nicht gut etablieren und eine Folgeansaat wurde nach einem Hackvorgang im Mai 2013 vorgenommen, allerdings mit wenig Erfolg. Das System der Minimalbodenbearbeitung sah zusätzlich eine 8-10 cm dicke Totmulchauflage (Wick-Roggen, Triticale-Erbse-Gemenge) auf die Kartoffeldämme vor, die im Gegensatz zum Pflugsystem keinen weiteren Häufelgang nach dem Auflaufen der Kartoffel zuließ. Vor der Winterweizenaussaat im September 2012 und 2013 nach differenzierter Bearbeitung 25-30 cm (Pflug) und 5- 15 cm (Grubber, „WEco-Dyn System“) tief und nach der Kartoffelernte im September 2014 und 2015 wurden Bodenproben in 0-12,5 und 12,5-25 cm Tiefe genommen und die Keimung der Samenbank aus 600 ml Boden im Kalthaus über neun Monate aufgenommen. Die Gesamtanzahl Unkräuter wurde auf einen Quadratmeter hochgerechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Beide Feldversuche unterschieden sich beträchtlich in Bezug auf die keimfähigen Unkräuter in der Samenbank vor Winterweizen. In Exp. 1 waren im September 2012 9.000 und in Exp. 2 2013 etwa 6.500 keimfähige Samen m^{-2} im Boden. Während die Anzahl in Exp. 1 nach den Kartoffeln in 2014 auf 6.000 keimfähige Samen m^{-2} abnahm, stieg sie in Exp. 2 nach Kartoffeln in 2015 auf 13.500 m^{-2} an.

Die Reduktion der Samenbank nach Weizen und Kartoffeln in Exp. 1 war unerwartet und widersprach anderen Arbeiten (Sjursen 2001, Teasdale et al. 2004, Albrecht 2005). Eine mögliche Ursache war eine sehr lange Kälteperiode mit geschlossener Schneedecke bis in den April im ersten Jahr in Exp. 1, während in Exp. 2 ein milder Winter mit seltenen Frosttagen aufgezeichnet wurde. Dies führte in Exp. 2 zu starkem Wachstum der herbstkeimenden Unkräuter, wodurch deren starke Präsenz in der Samenbank (s.u.) erklärt werden kann. Zudem könnte die zusätzliche Bearbeitung des Bodens mit der Hacke im Winterweizen (BBCH 31) in Exp. 1 die Samenproduktion einiger Arten verhindert haben. Die Arten, die in der Samenbank in Exp. 1 zunahmen, waren *Chenopodium album, Poa annua, Polygonum* spp., und *Galium aparine.* In Exp. 2 waren die Ehrenpreis-Arten (*Veronica agrestis, V. persica, V. hederifolia*), die um etwa 4.000 Samen m^{-2} im Vergleich zum Ausgangsbestand zunahmen, die dominante Artgruppe. Weitere Arten, die je um 350-650 Samen m^{-2} zunahmen, waren *Aphanes arvensis, Myosotis arvensis, Lamium purpureum, Matricaria* spp. und *Polygonum* spp.. Insbesondere die Ehrenpreisarten und alle anderen Herbstkeimer, die in Exp. 2 sehr stark zugenommen hatten, könnten somit an der Samenbildung in Expt 1 gehindert worden sein.

Der Einsatz des Pfluges führte zu einer homogen verteilten Samenbank in beiden Tiefenschichten. Die Samenbank in der Grubbervariante war in der oberen Bodenschicht in Exp. 1 größer aber etwa ausgeglichen in Exp. 2. Dagegen waren die Samenbänke in den Bearbeitungsvarianten in Exp. 1 etwa gleich groß während in Exp. 2 deutlich mehr Unkrautsamen in der Grubbervariante gezählt wurden (Daten nicht gezeigt). Dieser Effekt ist vor allem auf die Verunkrautung im Weizenbestand zurückzuführen (s.o.), da sowohl in der Phase des Zwischenfruchtanbaus als auch während der Wachstumsperiode der Kartoffel keine nennenswerte Präsenz von annuellen Samenunkräutern im Feld beobachtet wurde.

Die Zwischenfrüchte und Kompostgaben unterschieden sich in beiden Feldversuchen nicht hinsichtlich ihrer Wirkung auf die Unkrautsamenbank (Daten nicht gezeigt). Unter der Grünbrache in Exp. 2 wurden zwar mehr Unkrautsamen gezählt, allerdings war auch der Ausgangsbestand vor Winterweizen höher in den Bracheparzellen als in den übrigen Zwischenfruchtvarianten.

Literatur

Albrecht H (2005) Development of arable weed seedbanks during the 6 years after the change from conventional to organic farming. Weed Research 45: 339–350.

Schmidt H (Ed.) (2010) Öko-Ackerbau ohne tiefes Pflügen: Praxisbeispiele & Forschungsergebnisse. 1. Aufl. Berlin: Köster.

Sjursen H (2001) Change of the weed seed bank during the first complete six-course crop rotation after conversion from conventional to organic farming. Biological Agriculture & Horticulture 19: 71–90.

Teasdale JR, Mangum RW, Radhakrishnan J, and Cavigelli MA (2004) Weed seedbank dynamics in three organic farming crop rotations. Agronomy Journal 96: 1429–1435.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 74–75 (2017)

Transfermulch aus Gründüngern zur Unterdrückung von *Phytophthora infestans*

S. Junge[1], H. Schulz[2], C. Bruns[2] und M.R. Finckh[1]

[1] Universität Kassel, Fachgebiet Pflanzenschutz / [2] Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213, Witzenhausen, Germany

Einleitung

Neben der Nährstoffversorgung stellt die Kraut und Knollenfäule, verursacht durch Phytophthora infestans, die größte Herausforderung in der ökologischen Kartoffelproduktion dar (Finckh et al., 2006). Kupferbasierte Fungizide schaden in hohen Dosen der Umwelt, die Zulassung wird diskutiert. Praktiker berichteten, dass Mulchmaterial aus Gründüngern den Befall mit P. infestans reduzieren und die Nährstoffversorgung verbessern kann. In Feldexperimenten wurde 2014 bis 2016, der Befallsverlauf von P. infestans abhängig von der Bodenbearbeitung (Pflug vs. reduzierte Bodenbearbeitung) und Mulchmaterial unter ökologischen Bedingungen untersucht. In der Saison 2015 trat P. infestans nur marginal auf. Daten von 2014 und von 2 Experimenten der Saison 2016 werden vorgestellt.

Material und Methoden

Im Jahr 2014 wurde in einem Systemvergleich pflügende mit reduzierter Bodenbearbeitung kombiniert mit Mulch untersucht. Als Mulch wurde eine Auflage von 10-12cm eines Erbsen-Roggengemisches kurz vor dem Durchstoßen der Kartoffeln appliziert. Im ersten Experiment von 2016 wurde im Kartoffelanbau mit Pflug und Häufelfräse die Anwendung von Wick-Triticale- oder Kleegrasmulch sowie ohne Mulch verglichen. Im zweiten Experiment wurde Wick-Triticale als Zwischenfrucht durch eine Fräse 5cm tief in den Boden eingearbeitet. Danach wurde mit der Kreiselegge in gleicher Tiefe bearbeitet und die Kartoffeln in flache, ungehäufelte Dämme gelegt. Als Mulch wurde frischer Triticalegrünschnitt verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

In allen drei Experimenten konnte das Absterben des Krautes durch P. infestans, in den gemulchten Varianten, um 6-10 Tage verzögert werden. Der kumulative Befall, gerechnet als Fläche unter der Befallskurve (FUDBK), wurde abhängig vom Mulchmaterial und Versuchsjahr, um 27-38% reduziert.

Das Mikroklima in den gemulchten Varianten erschien durch die hygroskopische Wirkung der Auflage deutlich trockener, wie auch schon von Wagner-Riddle et al. (1996), beobachtet. Dies könnte für eine verlangsamte Ausbreitung im Bestand verantwortlich sein.

Im trockenen Frühjahr/Sommer 2016 konnte Mulch die Erträge bei Trockenheit durch eine bessere Wasserverfügbarkeit steigern. Im kühl-feuchten Jahr 2014 jedoch war Wasser nicht limitierend. Es erschien eher, dass durch Mulchapplikation der Boden zu kühl gehalten und damit die Nährstoffmineralisation im Boden behindert wurde. Nur nach der stark N-haltigen und leicht abbaubaren Zwischenfrucht Wicke konnten die Ertragseinbußen vermieden werden. Bei allen anderen Behandlungen wurden trotz verringertem Auftreten der Krautfäule die Erträge durch Mulch verringert (Tabelle1).

Abhängig vom Wetter konnte Mulch die Erträge bei Trockenheit durch eine bessere Wasserverfügbarkeit steigern. In kühl-feuchten Jahren wurden die Erträge durch die Temperaturisolierende Wirkung der Auflage verringert (Tabelle 1), was den Bedarf an Forschung für eine praktische Anwendung illustriert.

Tabelle 1 Vergleich der Anbausysteme anhand der bereinigten Markterträge und der Fläche unter der Befallskurve (FUDBK) des kumulativen Befalls in den Versuchsjahren 2014 und 2016.

Saison	Vorfrucht	Bearbeitung	Mulch	FUDBK		s	Ertrag		s
2014	Brache	Pflug	ohne	1.370	(100%)	165	298 dt/ha	(100%)	19 dt/ha
	Brache	red. Bearbeitung	Erbse-Roggen	932	(68%)	163	261 dt/ha	(88%)	28 dt/ha
	Winterwicke	red. Bearbeitung	Erbse-Roggen	884	(65%)	237	327 dt/ha	(110%)	46 dt/ha
2016	Brache	Pflug	ohne	2.111	(100%)	251	272 dt/ha	(100%)	53 dt/ha
	Brache	Pflug	Kleegras	1.532	(73%)	173	312 dt/ha	(115%)	60 dt/ha
	Brache	Pflug	Wickroggen	1.361	(64%)	372	323 dt/ha	(119%)	18 dt/ha
	Wicktriticale	red. Bearbeitung	ohne	1.207	(100%)	240	199 dt/ha	(100%)	50 dt/ha
	Wicktriticale	red. Bearbeitung	Triticale	749	(62%)	141	214 dt/ha	(108%)	22 dt/ha

Danksagung
Dieses Projekt wurde teilweise durch die EU FP7 Project no. 289277: OSCAR (Optimizing Subsidiary Crop Applications in Rotations) finanziert.

Literatur

Finckh, M.R., Schulte-Geldermann, E., Bruns, C., 2006. Challenges to organic potato farming: disease and nutrient management. Potato Res. 49, 27–42.

Wagner-Riddle, C., Gillespie, T.J., Swanton, C.J., 1996. Rye mulch characterization for the purpose of microclimatic modelling. Agric. For. Meteorol. 78, 67–81. doi:10.1016/0168-1923(95)02242-2

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 76–77 (2017)

Beschädigungen und Lagerungsverluste von Zuckerrüben bei unterschiedlicher Erntetechnik

Christa Hoffmann[1], Meik Engelhardt[2], Michael Gallmeier[3] und Michael Gruber[4]

[1] Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; [2] Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme, [3] HOLMER Maschinenbau GmbH, Schierling/Eggmühl, [4] ROPA Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH, Sittelsdorf

Einleitung

Bei der maschinellen Zuckerrübenernte unterscheiden sich Erntesysteme im Hinblick auf Köpfen, Roden und Abreinigen. Bei jeder Ernte entstehen unweigerlich gewisse Verletzungen an den Rüben. Dabei gibt es Unterschiede im Ausmaß und der Art der Beschädigung bei verschiedenen Zuckerrübenrodern (Ziegler 2012). Auch die Intensität der Abreinigung im Roder spielt eine Rolle. Es hat sich zudem gezeigt, dass Rüben mit Beschädigungen höhere Verluste bei der anschließenden Lagerung aufweisen (Hoffmann & Schnepel 2016). Ziel der Untersuchungen war es zu analysieren, wie sich die Ernte mit verschiedenen Rodern mit unterschiedlicher Abreinigungsintensität auf die Erntequalität und Beschädigung von zwei Sorten auswirkt und welchen Einfluss dies auf die Lagerfähigkeit der Rüben hat.

Material und Methoden

Die Beerntung erfolgte Anfang Oktober auf 4 Standorten 2015 und 2016 vollrandomisiert in 2 Sorten mit 2 Rodern und 3 Abreinigungsintensitäten in 3 Feldwiederholungen auf 200 m langen Parzellen. Die Abreinigungsintensität der Roder wurde als schonend, praxisüblich und aggressiv eingestellt. Als Vergleich diente eine beschädigungsarme Handernte. Nach der Ernte wurde der Durchmesser von Köpfschnitt und Wurzelspitze der Rüben gemessen, die oberflächliche Beschädigung bonitiert (0=keine, 3=viel) und die Köpfqualität bestimmt (IIRB 2015). Die Rüben wurden mit je 5 Säcken pro Parzelle in einem Klimacontainer bei 9 °C für 5 und 12 Wochen gelagert. Nach der Lagerung wurde Anteil der mit Schimmel und Fäule befallenen Rübenoberfläche bonitiert, Invertzuckergehalt und relative Zuckerverluste (100 % = Zuckermenge bei Einlagerung) bestimmt. Um die Vielzahl an unterschiedlichen gemessenen Parametern besser interpretieren zu können, wurde eine Faktoranalyse durchgeführt, bei der Informationen gegenüber einer Korrelationsmatrix zwischen den gemessenen Parametern verdichtet werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Faktoranalyse ermöglicht die Identifizierung von Mustern zur Charakterisierung der Standorte, Sorten und Erntetechnik. In Abb. 1 sind die einbezogenen Variablen und die im Versuch variierten Einflussfaktoren Standort, Sorte (links), Roder und Intensität (rechts) mit ihren Faktorladungen dargestellt. Die Sorten lagen durch ihre Faktorladungen näher am Zentrum (0) als die Standorte, was zeigt, dass der Effekt des Standortes größer war als der der Sorte. Die Standorte 2015 zeigten deutlich geringere Ladungen für Faktor2 Beschädigungen (Spitzenbruch, oberflächliche Beschädigung) und Faktor 1 Lagerungsverluste (Invertzucker, Zuckerverluste) als die Standorte 2016. Auf Standorten mit geringerer Beschädigung der Rüben waren demnach auch die Lagerungsverluste geringer. Dabei war dies kein Effekt der Bodenart, sondern der Wachstumsbedingungen der Zuckerrüben während der Vegetationsperiode. Auch bei den Sorten zeigte sich, dass Sorte1 mit der geringeren

Beschädigungen auch geringere Lagerungsverluste aufwies als Sorte2. Die Roder unterschieden sich nur geringfügig in Lagerungsverlusten, aber deutlich stärker in den Beschädigungen. Bei nur geringen Unterschieden zwischen der schonenden und der praxisüblichen Einstellung führte die aggressive Intensität insbesondere bei Roder2 zu einer stärkeren Beschädigung, bei beiden Rodern aber zu höheren Lagerungsverlusten.

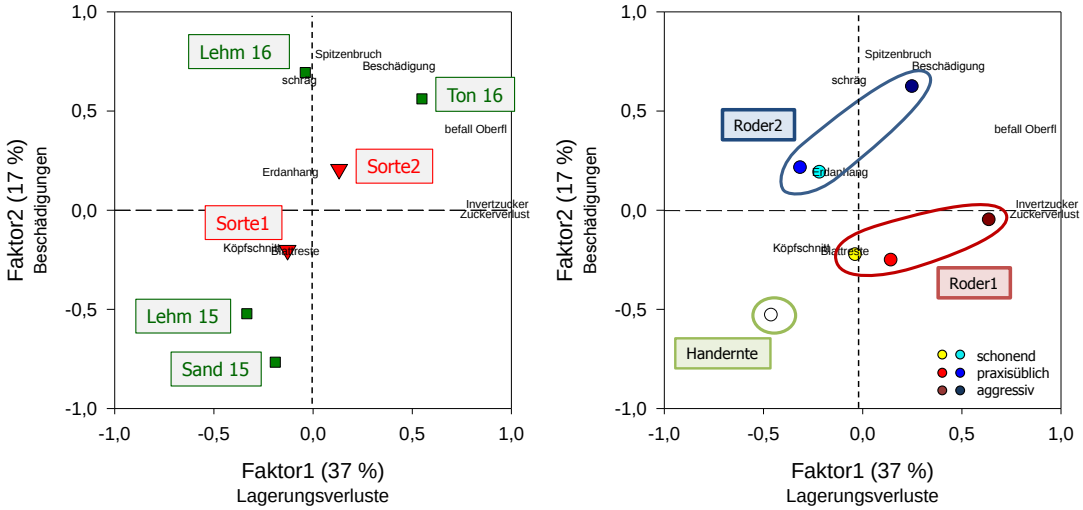


Abb. 1: Faktorladungen der Einflussfaktoren Standort und Sorte (links) sowie Erntetechnik (rechts); 4 Standorte (Sand 15, Lehm 15, Lehm 16, Ton 16), 2 Zuckerrübensorten, 2 Roder mit 3 Intensitäten und Handernte, Lagerung im Klimacontainer bei 9 °C für 5 und 12 Wochen; n = 1649 (Hoffmann et al. 2017)

Generell gab es somit einen engen kausalen Zusammenhang zwischen dem Ausmaß der Beschädigung und den Lagerungsverlusten. Daher hatte die Intensität der Abreinigung und damit die Einstellung des Roders für den Befall mit Schimmel und Fäule, die Invertzuckerbildung und die Zuckerverluste der Rüben eine weitaus höhere Bedeutung als das Erntesystem. Offensichtlich verursachten die Erntesysteme eine unterschiedliche Art der mechanischen Belastung auf die Rüben, die mit der visuellen Bonitur nicht vollständig erfasst werden kann. Es erfordert daher noch weitere intensive Untersuchungen, um grundsätzlich zu klären, welche Art der Beschädigung verursacht werden, wie sich diese auf die Lagerungsverluste auswirken und an welcher Stelle in einem Roder mechanische Belastungen auftreten, die Beschädigungen an Rüben verursachen.

Literatur

Hoffmann, C.M., Engelhardt, M., Gallmeier, M., Gruber, M. 2017: Bedeutung von Erntetechnik und Sorte für die Lagerungsverluste von Zuckerrüben. Sugar Industry, 142, Sonderheft Göttinger Zuckerrübentagung

Hoffmann, C.M., Schnepel, K. 2016: Susceptibility to root tip breakage increases storage losses of sugar beet genotypes. Sugar Industry 141, 625-632.

IIRB 2015: IIRB (2015): Test Procedures for Measuring the Quality in Sugar Beet Production - Seed Drillability, Precision Seeders, Harvesters, Cleaner Loaders. Ed. by P. Schulze Lammers, J.-P. Vandergeten, F. Tijink, C. Royer, 2nd Edition: J.-P. Vandergeten, J.P. Van der Linden, P. Jarvis, E. Leveque, D. Guiraud de Willot, K.-H. Kromer. 55 pages.

Ziegler, K. 2012: Beet Europe Seligenstadt – Erntemaschinen im Test. DZZ 6, 24-25.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 78–79 (2017)

Einfluss von Anbauhäufigkeit und Vorfrucht auf den Ertrag von Zuckerrüben – Ergebnisse aus Betriebsbefragung und Systemversuch Fruchtfolge des IfZ

Heinz-Josef Koch, Kerrin Trimpler und Nicol Stockfisch

Institut für Zuckerrübenforschung (IfZ), Göttingen. E-Mail: *koch@ifz-goettingen.de*

Einleitung

Zukünftig erwartet die Zuckerwirtschaft eine Ausweitung des Zuckerrübenanbaus einhergehend mit einer Konzentration der Kultur nahe der Zuckerfabriken. Vor diesem Hintergrund stellen sich wieder vermehrt Fragen zur optimalen Länge der Pause zwischen den Rüben-Anbaujahren und zur Wirkung verschiedener Vorfrüchte auf den Ertrag von Zuckerrüben. Die Ergebnisse mehrjähriger Praxisdaten aus einer Betriebsbefragung veranschaulichen, welche Ackerfrüchte vor Zuckerrüben angebaut werden und wie sich die Länge der Anbaupause auf den Ertrag auswirkt. Ergebnisse eines Fruchtfolgeversuchs verdeutlichen die Ertragswirkung verschiedener Vorfrüchte.

Material und Methoden

Im Rahmen einer Betriebsbefragung zum Zuckerrübenanbau in Deutschland für die Anbaujahre 2010 bis 2015 wurden die Vorfrüchte der letzten 5 Jahre vor Zuckerrüben ermittelt. Bereinigte Zuckererträge wurden für Schläge mit direkter Vorfrucht Wintergetreide getrennt nach 2, 3 sowie 4 oder mehr Jahren Anbaupause berechnet. Ausgeschlossen wurde bei dieser Betrachtung die Region Ost (BB, MV, ST, SN, TH), weil es hier nur vergleichsweise wenige Schläge mit 2 oder 3 Jahren Anbaupause gab.

Im Systemversuch Fruchtfolge wurden am Standort Harste bei Göttingen (Löss-Parabraunerde) seit 2006 Zuckerrüben (ZR) in unterschiedlichen Fruchtfolgen (ZR-Winterweizen(WW)-WW; ZR-WW-Silomais(M); ZR-WW-WW-Winterraps-WW-Körnererbse) in 3-facher Wiederholung angebaut. Vor ZR nach WW und Erbse stand Senf als Zwischenfrucht mit einer Düngung von 50 kg N ha^{-1}. Jede Frucht jeder Fruchtfolge wurde jedes Jahr angebaut. Die N-Düngung folgte dem N_{min}-Sollwert-Konzept der LWK Niedersachsen und der Pflanzenschutz den regionalen Empfehlungen. Ertrag und Qualität der Zuckerrübe wurden nach Märländer et al. (2003) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Daten der Betriebsbefragung zeigten, dass direkt vor Zuckerrüben überwiegend Wintergetreide angebaut wurde. Winterweizen hatte bundesweit mit 57 % den größten Anteil (Abb.1). In allen drei Regionen überwog eine 2-jährige Anbaupause. In der Region West stieg der Bereinigte Zuckerertrag von einer 2- zu einer 3-jährigen Anbaupause von 12,7 t ha^{-1} auf 14,0 t ha^{-1} an und unterschied sich damit signifikant. In der Region Nord trat der gegenteilige Effekt auf. In der Region Süd sowie im Regionsmittel trat kein signifikanter Einfluss der Anbaupause auf den Ertrag hervor (Abb. 2).

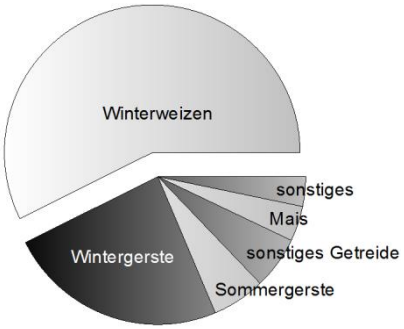


Abb. 1: Anteil verschiedener Vorfrüchte von Zuckerrüben in Deutschland, Betriebsbefragung 2010-2015 (n=2312).

Als Ursachen für diesen Effekt der Anbaupause werden Einflüsse von Standort (Boden, Witterung) und Betrieb vermutet.

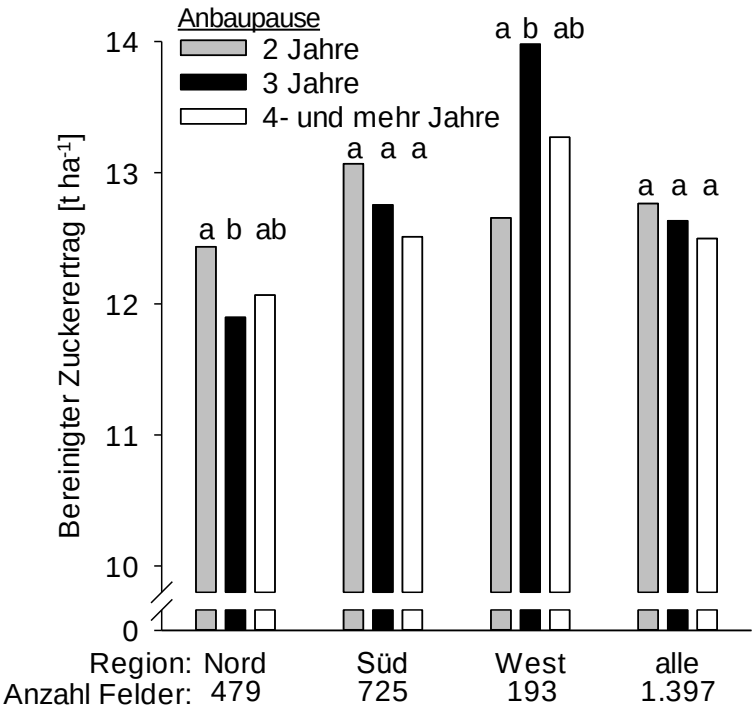


Abb. 2:
Einfluss der Anbaupause auf den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben in den Regionen Nord, Süd und West sowie im Mittel der Regionen, Betriebsbefragung 2010-2015. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb einer Region ($p \leq 0{,}05$, Tukey).

Nach Körnererbse wurde ein signifikant bzw. tendenziell höherer Zuckerertrag als nach M bzw. WW erzielt (Abb. 3). Die Ursache dieser Differenzierung (Nährstoffversorgung, Bodenstruktur) ist bislang unklar. Dabei ist zu beachten, dass ZR und Erbse mit 5-jähriger Pause angebaut werden, während die ZR nach den anderen Vorfrüchten mit nur 2-jähriger Unterbrechung steht. Somit kann auch die längere Anbaupause ursächlich für den Mehrertrag nach Erbse sein. Augenfällig ist jedoch, dass die N-Düngung gemäß N_{min}-Sollwert-Konzept jahresspezifisch nach Erbse um 30-100 bzw. 0-70 kg N ha^{-1} niedriger lag als nach Mais bzw. Weizen.

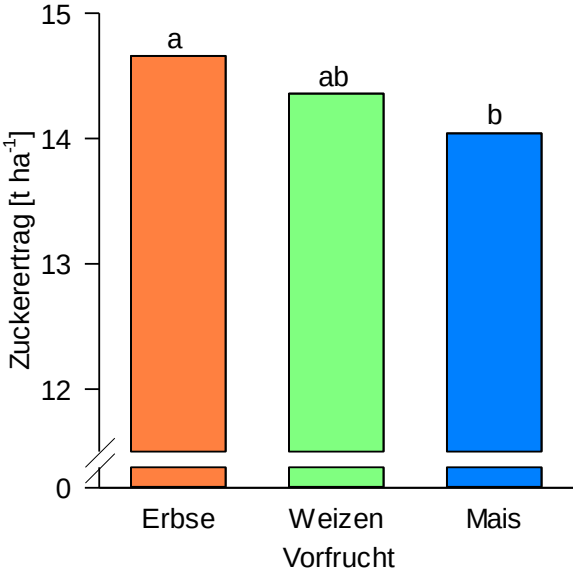


Abb. 3:
Einfluss der Vorfrucht/Fruchtfolge auf den Zuckerertrag von Zuckerrüben im Systemversuch Fruchtfolge Harste, Mittel 2007-2016. Unterschiedliche Buchstaben kenn-zeichnen signifikante Differenzen ($p \leq 0{,}05$, Tukey).

Literatur

Märländer, B., Hoffmann, C., Koch, H.-J., Ladewig, E., Merkes, R., Petersen, J., Stockfisch, N., 2003. Environmental situation and yield performance of sugarbeet crop in Germany: heading for sustainable development. J. Agron. Crop Sci.189, 201–226.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 80–81 (2017)

Abschätzung der Pflanzenvitalität in Maisfeldversuchen mit dem Red Edge Inflection Point

Carl-Philipp Federolf[1,2], Matthias Westerschulte[1], Hans-Werner Olfs[1] und Dieter Trautz[1]

[1] Fakultät für Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück; [2] Institut für Pflanzenernährung und Umweltforschung, Yara International, Dülmen.
E-Mail: *carl-philipp.federolf@yara.com*

Einleitung

Bevor neue Produktionssysteme Einzug in die landwirtschaftliche Praxis finden sind umfangreiche Feldversuche nötig. Insbesondere bei Silomais verwachsen sich Unterschiede in der Jugendentwicklung bis hin zur Ernte jedoch oft, sodass Auswirkungen verschiedener Anbauverfahren nicht mehr nachvollziehbar sind (Federolf et al. 2017). Detailuntersuchungen in der vegetativen Phase sind daher zur Bewertung agronomischer Verfahren unerlässlich (Clewer & Scarisbrick 2001). Bei größeren Versuchsserien sprengen regelmäßige destruktive Pflanzenuntersuchungen jedoch häufig den Rahmen des Möglichen. Um den Probenahmeaufwand zu vermindern, wurde der Einsatz eines optischen Sensors zur einfachen Quantifizierung von Wachstumsunterschieden in einer Reihe von Versuchen an der Hochschule Osnabrück getestet.

Material und Methoden

In den Jahren 2014 bis 2016 wurden zu verschiedenen Terminen (BBCH 14 bis 61) die beiden Kernreihen in einem Versuch mit organischer und mineralischer Düngung (vergleiche Federolf et al. 2017) mit einem für das Versuchswesen angepassten ISARIA-Hand-Sensor (Fritzmeier Umwelttechnik, Großhelfendorf) gemessen und gleichzeitig Referenzproben zur Bestimmung der Biomassebildung und der Stickstoffkonzentration entnommen. Der Sensor wurde von Hand über den Kernreihen in beiden Richtungen geführt, um den Einfluss des Sonnenstandes zu minimieren. Bei einem Abstand von 60 cm zum Pflanzenbestand misst der Handsensor einen kreisförmigen Ausschnitt mit ca. 25 cm Durchmesser. Pflanzenproben wurden in dafür vorgesehenen Parzellenbereichen destruktiv entnommen. Zur Überprüfung des Standorteinflusses wurden des Weiteren in den Jahren 2014 und 2015 Versuche an 6 Standorten im Nordwestdeutschen Raum zu BBCH 18 gemessen und beprobt.
Der ISARIA-Sensor ermittelt die Bestandesreflexion bei 670, 700, 740 und 780 nm und approximiert anhand folgender Formel den Red Edge Inflection Point (REIP):

$$REIP = 700 + 40 * \frac{\frac{R_{670}+R_{780}}{2}-R_{700}}{R_{740}-R_{700}}$$ (Haas 2010).

Die Ergebnisse von Pflanzenproben und Sensormessungen wurden im Anschluss einer Regressionsanalyse unterzogen. Hierfür wurde eine Exponentialfunktion zu Grunde gelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigte sich, dass der REIP bei geringer Blattfläche zu frühen Stadien stark von der Reflexion der Bodenoberfläche beeinflusst ist und erst ab BBCH 16 zuverlässige Ergebnisse liefert. Mit zunehmender Blattmasse steigen die Korrelationskoeffizienten an (zu BBCH 18: REIP / Biomasse r^2=0,84; REIP / Stickstoffaufnahme r^2=0,88), um danach wieder abzufallen. Dieser Abfall zu späteren Wachstumsstadien ist auf einsetzende Remobilisierungsprozesse und das Erscheinen der Fahnen im Messfeld des Sensors zurückzuführen. In der Versuchsserie war ein starker Standorteinfluss zu beobachten, was auf Boden- und Witterungseinflüsse, sowie auf unterschiedliche Sorteneigenschaften zurückzuführen ist. Insbesondere in sichtbar heterogenen Parzellen waren die Zusammenhänge zwischen Sensor und Pflanzenproben nicht immer ideal. Grundsätzlich ist der Sensor zum Vergleich unterschiedlicher Varianten hinsichtlich Biomasse und Stickstoffaufnahme gleichermaßen geeignet. Dadurch können Parzellenbereiche zur destruktiven Beprobung entfallen, was sowohl Kosten einspart, als auch Randeffekte minimiert. Es kann allerdings nicht unabhängig von Umwelteinflüssen vom erhobenen Messwert auf die Wachstumsparameter rückgeschlossen werden. So lag in unseren Untersuchungen zum Beispiel die Spannweite der Stickstoffaufnahme bei einem gemessenen REIP Wert von ca. 721 nm von ~8 kg ha^{-1} bis ~38 kg ha^{-1} (Abbildung 1). Zudem ist der REIP grundsätzlich zur Feststellung teilflächenspezifischer Wachstumsdifferenzen geeignet. Dem Umstand dass das Messfeld nur ein Drittel der Reihenweite beträgt, muss jedoch für den Einsatz zur Bemessung der Spätdüngung Rechnung getragen werden.

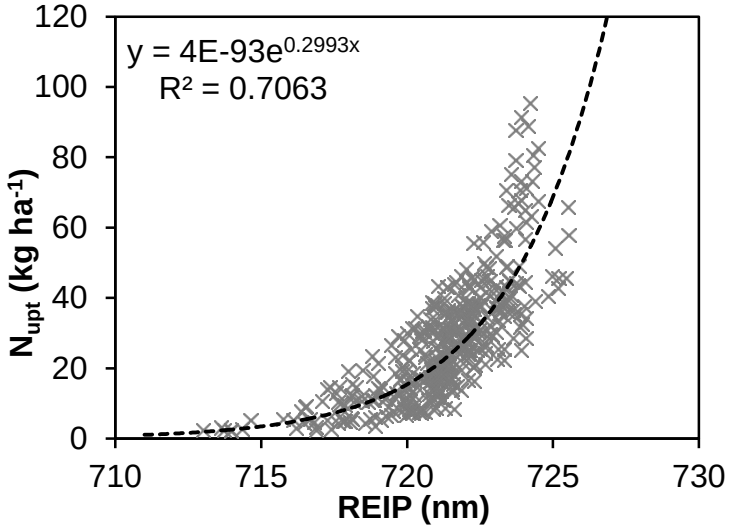


Abbildung 1: Darstellung aller erhobenen Messwertkombinationen für REIP und Stickstoffaufnahme (N_{upt}) mit der dazugehörigen Exponentialfunktion.

Literatur

Clewer AG, Scarisbrick DH. 2001 Practical statistics and experimental design for plant and crop science. Wiley, Chichester, New York, USA.

Federolf C-P, Westerschulte M, Olfs H-W, Broll G, Trautz D. 2017. Nitrogen dynamics following slurry injection in maize: Crop development. Nutrient Cycling in Agroecosystems 107:19–31.

Haas T. 2010. Measuring device for determining a vegetation index value of plants, Patent WO/2011/015598.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 82–83 (2017)

Prognose des Erntezeitpunktes für Blumenkohl (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene

C. Kirschner, A. Fricke und H. Stützel

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

Einleitung

Blumenkohl wird auch heutzutage noch sehr zeit- und kostenintensiv per Hand geerntet. Der Grund hierfür ist eine starke Heterogenität in der Entwicklung der Einzelpflanzen innerhalb eines Bestandes, wodurch drei bis fünf Erntedurchgänge je Bestand von Nöten sind.

Das Ziel des Forschungsprojektes VitaPanther ist die Entwicklung eines selektiv, auf Einzelpflanzenebene arbeitenden Ernteroboters. Die Aufgabe des hier vorgestellten Projektteiles ist die Entwicklung eines Ernteprognosemodells für Blumenkohl auf Einzelpflanzenebene, um den Erntezeitpunkt jeder Einzelpflanze für die Maschine prognostizieren zu können. Dieser kann nicht anhand automatischer Bildanalyse festgestellt werden, da die Köpfe in Handarbeit in drei bis vier Durchgängen je Bestand durch Umknicken der Umblätter vor Verfärbungen durch Einstrahlung geschützt werden. Zudem wachsen die Herzblätter zumeist eng um den Kopf herum, was eine Bilderkennung auch nach Anheben der Blätter erschwert. Somit würde eine Prognose des Erntezeitpunktes, basierend auf dem Kopfdurchmesser zum Zeitpunkt des Umknickens der Blätter, zu einer großen Aufwandsreduzierung führen. Die Blätter müssten nicht mehr in jedem Erntedurchgang angehoben werden, um den Kopf auf dessen Erntereife hin zu überprüfen.

Dazu sollen mithilfe eines handlichen GPS-Gerätes die GPS-Koordinaten jeder Einzelpflanze sowie deren aktueller Kopfdurchmesser direkt vor dem Umknicken der Blätter erfasst werden. Anhand dieser Information soll das Prognosemodell den Erntezeitpunkt der Einzelpflanzen berechnen. Die Maschine soll die erntefähigen Pflanzen GPS gesteuert anfahren und vollautomatisch ernten.

Material und Methoden

Der Erntezeitpunkt der Einzelpflanzen soll anhand einer sortenspezifischen mittleren Kopfwachstumsrate [cm/°Cd] berechnet werden. Um diese mittlere Wachstumsrate zu ermitteln, wurden im Jahr 2015 vier Sätze dreier Blumenkohlsorten (‚Lecanu‘,‚Korlanu‘ und ‚Freedom‘) mit optimaler Nährstoff- und Wasserversorgung auf der Versuchsstation Ruthe der Leibniz Universität Hannover angebaut und das Kopfwachstum der Einzelpflanzen dokumentiert.

An unabhängigen Daten aus einem Freilandversuch des Jahres 2016 mit fünf Sätzen der drei Sorten auf dem gleichen Standort wurde die Prognosegenauigkeit überprüft. Dazu wurde anhand der mittleren Wachstumsrate aus dem Jahr 2015 die noch fehlende Temperatursumme vom Zeitpunkt des Umknickens der Blätter bis zum gewünschten Kopfdurchmesser der Einzelpflanzen (17 cm) zur Ernte berechnet. Als Startdurchmesser für die Prognose des Erntezeitpunktes wurde ein Kopfdurchmesser von ≥ 10 cm festgelegt, da dies üblicherweise der Kopfdurchmesser ist, ab dem die Blätter über den Kopf geknickt werden.

Basierend auf Verkaufszahlen (Inland und Export gesamt) des Projektpartners Pfalzmarkt für Obst und Gemüse eG des Jahres 2016 wird eine Verteilung von 80%

6er Köpfe und 20% 8er Köpfe angestrebt. Diese angestrebte Verteilung hat einen möglichst großen Anteil an Köpfen des 6er Kalibers, mit einem Kopfdurchmesser ≥ 16 cm und ≤ 18 cm, zum Ziel. Die restlichen Köpfe sollen zum prognostizierten Erntezeitpunkt möglichst dem 8er Kaliber entsprechen (Kopfdurchmesser ≥ 12 cm und < 16 cm). Köpfe mit einem Durchmesser < 12 cm und > 18 cm gelten als nicht verkaufsfähig.
Zur Überprüfung der Prognosegenauigkeit wurden je Sorte und Satz vier Messtermine als Startmessungen ausgewählt. Für jede Einzelpflanze wurde als Startmessung der jeweilige Termin ausgewählt, an dem die Bedingung des Kopfdurchmessers ≥ 10 cm erstmalig erfüllt wurde. Anhand einer linearen Regression des Kopfwachstums aller Einzelpflanzen wurde der jeweilige Kopfdurchmesser zum prognostizierten Erntezeitpunkt berechnet.

Ergebnisse

Aufgrund der Streuung der Kopfwachstumsraten auch innerhalb eines Bestandes einer bestimmten Sorte wich der berechnete Kopfdurchmesser zum prognostizierten Erntezeitpunkt bei einigen Pflanzen von dem Zielkopfdurchmesser ab. Beispielsweise lag für die Sorte ‚Lecanu' in Satz 1 (n = 94) der Anteil an Kalibern zum prognostizierten Erntezeitpunkt bei einem Zielkopfdurchmesser von 17 cm bei rund 68% 6er und 17% 8er Köpfen, dies ergab einen Gesamtanteil an marktfähig prognostizierten Köpfen von rund 85%. Für die Sorte ‚Korlanu' ergab sich eine Verteilung marktfähig prognostizierter Köpfe von beispielsweise 55/27% in Satz 2 (n = 51). Bei der Sorte ‚Freedom' wurden in Satz 1 (n = 117) 100% der Köpfe als marktfähig prognostiziert, die Verteilung betrug hier 62/38%.

Das Projekt VitaPanther, Förderkennzeichen 01IM15001C wird gefördert durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 84–85 (2017)

Remote sensing of productivity and water use in legume-based mixed cropping systems

Annika Lingner[1,2] und Klaus Dittert[1,3]

[1] Institute of Applied Plant Nutrition, University of Goettingen; [2] Centre of Biodiversity and sustainable Land Use, University of Goettingen; [3] Division of Plant Nutrition and Crop Physiology, University of Goettingen. E-Mail: *alingne@agr.uni-goettingen.de*

Introduction

The increasing probability of seasonal droughts in many regions as well as freshwater scarcity emphasize the importance of crop traits such as water-use efficiency (WUE). In this context, multi-species crop stands with legumes bear the potential to be less dependent on external inputs and may have higher resource use efficiency. Concerning nitrogen availability various sensor systems have been used for a long time to assess heterogeneity within crop stands (Reckleben, 2014). It was also suggested to apply these remote sensing approaches to recognize drought in crop stands (Hlavinka, 2013). This study evaluates different remote sensing techniques to detect drought effects and performance of different crop stands at an early stage. We hypothesized that species mixtures have higher productivity and better WUE compared to their respective pure stands.

Material and Methods

In two different agro-ecosystems we assessed via remote sensing approaches productivity and water-use efficiency of mixed cropping systems and monocultures. As legume component, we tested white clover or faba bean and as non-legume component we investigated ryegrass, chicory or wheat, grown alone or in mixture.

A quadcopter (Raptor, EagleLive Systems GmbH, Germany) equipped with a spectral camera (ADC Micro, Tetracam Inc., California) was used to measure normalized difference vegetation indices (NDVI). Simultaneously, surface temperature in canopies was determined via thermal imaging (PI 400, optris, Germany) as an indicator of evapotranspiration. Image analysis was performed with PixelWrench2 for spectral images and the company software for thermal images.

Results and Discussion

NDVI values (Fig.1) were similar for pure legume stands and mixed stands including legumes at early developmental stages, whereas white clover recovered faster after harvests. Pure wheat or ryegrass stands without additional nitrogen had significantly lower NDVI values, which indicates higher productivity of legume-based crop stands.

With application of N fertilizer, lower canopy temperatures in non-leguminous species in grassland (Fig.2) clearly showed that evapotranspiration was increased, indicating higher production rates but concurrently increased use of water resources. Higher evapotranspiration was determined in mixtures of white clover with chicory compared to mixtures including ryegrass, which showed lower water consumption, probably due to different rooting sytems. Nevertheless, over the whole vegetation period daily fluctuations in environmental conditions had greater impact on the

canopy temperatures than the different treatments enabling only comparisons at the single day level.

Both parameters indicate that mixed cropping systems improve productivity and WUE. Thus we think that remote sensing approaches as thermal or spectral imaging can help identifying resource efficient agricultural systems for future challenges.

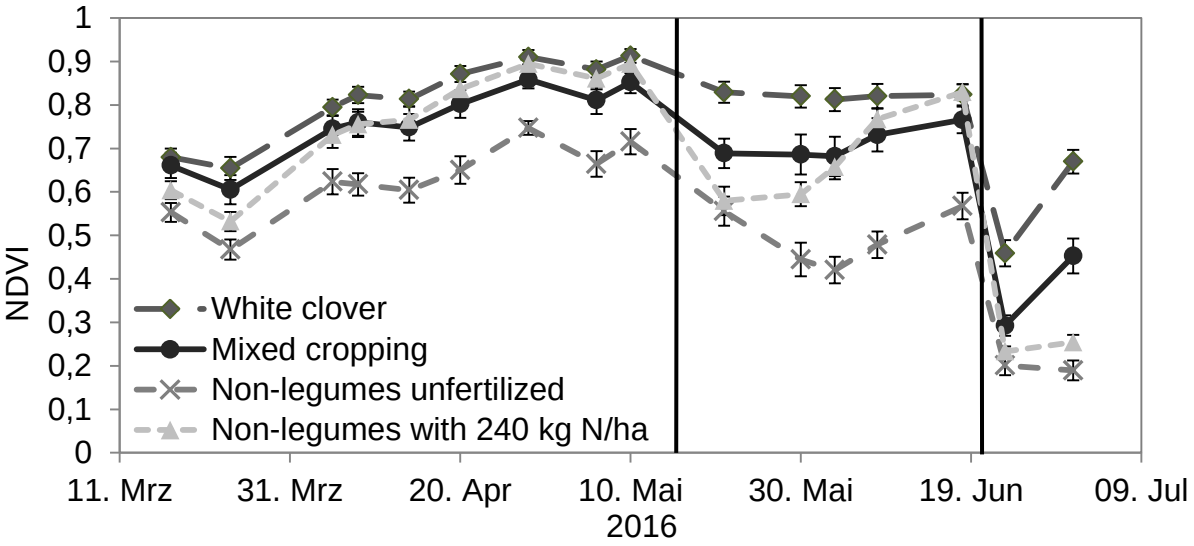


Fig. 1: NDVI of different crop stands in grassland during the vegetation period of 2016. Vertical lines indicate harvest dates. Error bars indicate standard error.

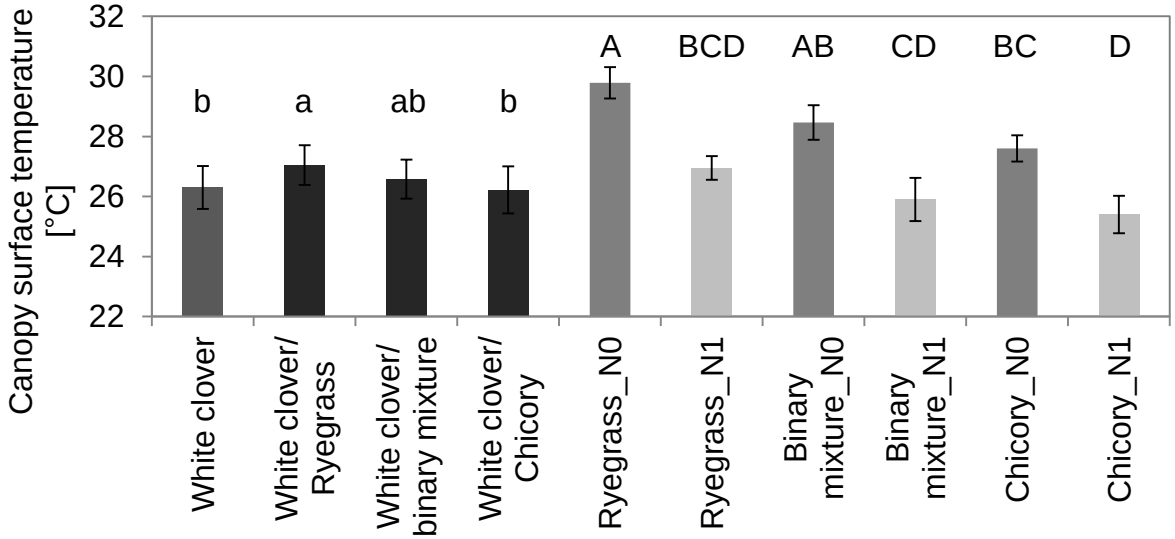


Fig. 2: Canopy surface temperature of different crop stands on 18th of June 2016. Binary mixture: non-leguminous mixtures of ryegrass and chicory. N0: unfertilized; N1: fertilized with in total 240 kg N/ha. Error bars indicate standard error. Duncan-test at $p < 0.05$.

Literature

Hlavinka, P., 2013. Remotely sensed NDVI as a support tool for agricultural drought assessment, in: Global Change and Resilience - From Impacts to Responses. Presented at the 3rd annual Global Change and Resilience Conference, Brno, Czech Republic, pp. 152–156.

Reckleben, Y., 2014. Sensoren für die Stickstoffdüngung – Erfahrungen in 12 Jahren praktischem Einsatz. J. Kult. 66, 42–47.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 86–87 (2017)

Abschätzung der raumzeitlichen Verteilung von Grünlandbiomasse in einem Weidenmanagementsystem mittels mobiler Ultraschall- und Hyperspektraler Sensoren

Thomas Möckel, Thomas Fricke und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen.
E-Mail: *thmoeck@uni-kassel.de*

Einleitung

Die Fütterung von Vieh auf Weiden erfordert eine ständige Überwachung der Futterqualität und -menge, um eine gleichbleibende Tierproduktion zu gewährleisten (z.B. Fava et al. 2009). Die Futtermenge der Weiden ist innerhalb und zwischen den Koppeln und während der Vegetationsperiode aufgrund der Unterschiede des Entwicklungsgrades der Biomasse, Unterschiede in der Artenzusammensetzung, der Bodenparameter, der klimatischen Faktoren und der Managemententscheidungen sehr unterschiedlich. Bodenbasierte Fernerkundungstechnologien wurden als praktische Mittel erkannt, um verschiedene biophysikalische und biochemische Eigenschaften der Vegetation auf der Feldskala abzuschätzen. Besonders hyperspektrale Sensoren, die Reflexionssignale über einen weiten Bereich von Wellenlängen messen, haben für die Vorhersage von Vegetationsparametern eine größere Aufmerksamkeit erhalten (Fricke und Wachendorf 2013). Allerdings stellen Weiden sehr heterogene Ökosysteme aufgrund von Variationen in der Vegetationsoberfläche, der botanischen Zusammensetzung und der pflanzenphänotypischen Stadien dar. Daher ist die Anwendung von Sensoren in Weiden schwieriger als in geschnittenem Grünland. Aufgrund der hohen Kosten und der Komplexität der hyperspektralen Sensordaten ist die alleinige Anwendung solcher Sensoren für Praktiker noch wenig möglich. Eine Reduzierung redundanter Informationen in hyperspektralen Daten und eine mögliche Kombination mit zusätzlichen Fernerkundungssensoren können zu zuverlässigeren und weniger komplexen Vorhersagemodellen führen. Echtzeit-mobile Sensoren, die die Erfassung geographisch referenzierter Daten ermöglichen, haben sich für die Inventurüberwachung von Vegetationseigenschaften mit hoher räumlicher Auflösung für große Flächen bewährt. Mobile automatisierte Sensormessungen können eine hohe Abtastdichte bei relativ geringen Kosten bereitstellen, um Karten zu erzeugen, die sowohl räumliche als auch zeitliche Variationen des Bestandes darstellen.

Material und Methoden

Die Daten wurden aus einem Langzeit-Weide-Experiment in Mitteldeutschland entnommen. Drei Weiden mit unterschiedlicher Beweidungsintensität (intensiv, mittel, extensiv) wurden ausgewählt. Innerhalb jeder Weide wurde ein 30 m x 50 m langer Studienplot errichtet. Die Feldmessungen wurden im Mai 2014 für jeden Studienplot durchgeführt. In jedem Studienplot wurden 18 Referenzproben (jeweils 0,25 m^2) ausgewählt. Für die mobilen Messungen wurden die drei Koppeln mit einem elektrisch angetriebenen Vehikel mit einer Spurweite von 180 cm gescannt. Drei Ultraschallsensoren (Typ UC 2000-30GM-IUR2-V15) und ein Spektrometer (Tec5) waren am Fahrzeug montiert. Die genaue Position des mobilen Systems wurde mit einem differentiellen GPS-System gemessen. Die gesamte oberirdische Biomasse aus jedem Stichprobenplot wurde auf Bodenoberflächenebene abgeschnitten, nachdem die Sensormessungen durchgeführt wurden, und die Frischbiomasse

wurde gemessen. Multiple Regressions- und multivariate Regressionsmethoden wurden verwendet, um Vorhersagemodelle für die Biomassebestimmung unter Verwendung von Spektral- und Ultraschallsensoren zu entwickeln.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kombination von Ultraschall- oder Spektralmessungen erhöhte die Vorhersagegenauigkeit der Frischbiomasse signifikant im Vergleich zur ausschließlichen Nutzung der beiden Sensortypen. Bis zu 68% der Variation der Frischbiomasse konnte durch die statistischen Modelle erklärt werden. Die Genauigkeit der Biomassebewertung verbesserte sich mit zunehmender Weideintensität (Abbildung 1).

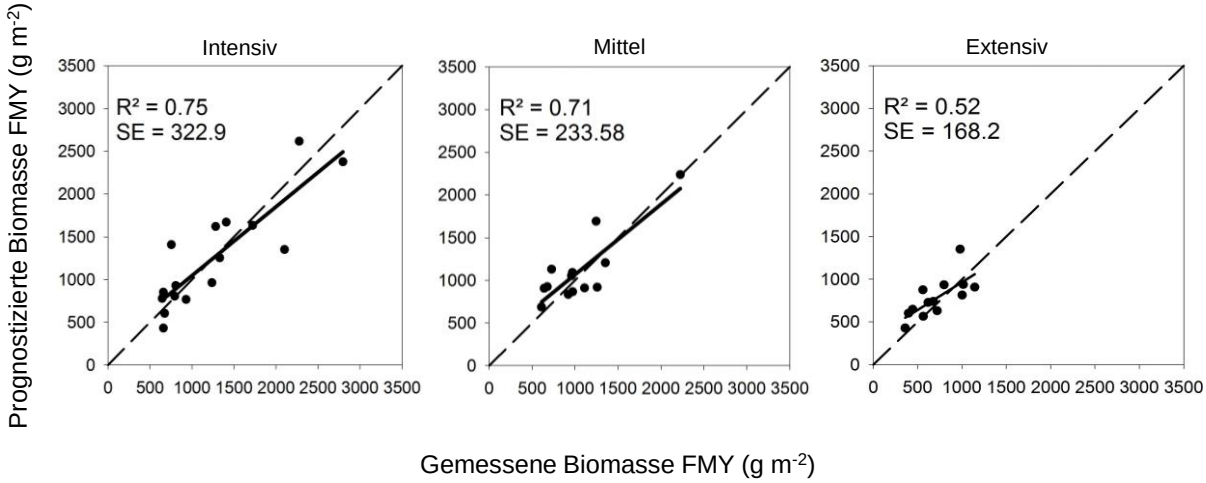


Abbildung 1 Prognostizierte Biomasse, basierend auf sensorischen Messungen, gegen gemessene Biomasse

Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass mobile multisensorische Systeme in extrem heterogenen Weidensystemen akzeptable Genauigkeiten für die Biomassebewertung liefern können. Besonders mobile Systeme können z. B. die Kartierung von größeren Grünlandgebieten bei hoher räumlicher Lagegenauigkeit erleichtern und so die Identifizierung von verschachtelten Strukturen innerhalb der Vegetation ermöglichen. Allerdings stellt die Interaktion zwischen selektiver Beweidung durch das Vieh sowie die unterschiedliche Phänologie der Pflanzenspezies eine enorme Herausforderung für Sensoranwendungen dar, da sie eine sehr komplexe Variation der Weidenvegetation erzeugt.

Literatur

Fava, F.; Colombo, R.; Bocchi, S.; Meroni, M.; Sitzia, M.; Fois, N.; Zucca, C. Identification of hyperspectral vegetation indives for Mediterranean pasture characterization. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 2009, 11, 233-243

Fricke, T.; Wachendorf, M. Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume-grass swards. Computers and Electronics in Agriculture 2013, 99, 236-247

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 88–89 (2017)

Frequency analysis of leaf temperature oscillations: Analysis of dynamic plant behavior for deficit irrigation applications

F. Kögler und D. Söffker

Chair of Dynamics and Control, University of Duisburg-Essen. E-Mail: *friederike.koegler@uni-due.de*

Introduction

Leaf temperature measurements are used for the detection of plant water stress incipience and hence for irrigation timing [1]. Besides irrigation approaches utilizing absolute leaf temperature values for irrigation trigger (e.g. Crop Water Stress Index (CWSI)), experiments have shown that canopy temperature variability (CTV) can also be used for irrigation trigger [2]. The CTV is often attributed to soil water content variability. Beyond that, transpiration behavior of individual plants has a causal relationship to CTV: a water deficit is a start condition for leaf temperature rise and for stomatal oscillations [3] [4].

Material and methods

Water deficit experiments were implemented on single plant scale under laboratory conditions for corn (zea mays, Ronaldinio, KWS). Plants were grouped in four sets of different irrigation regimes: first control group (A) was fully irrigated (FI) for the complete period, second control group (D) was not irrigated (NI) for the complete period, first test group (B) received no water till day 2.5, considered as mild stress (MS), second test group (C) received no water till day 3.5, considered as high stress (HS). Environmental conditions were fixed to remain in certain ranges. Only irrigation time and water quantity were varied. Substrate water quantity and leaf temperatures were automatically measured as well as plant vegetative growth. Leaf temperature signals were processed with different standard frequency analysis methods (e.g. Short Term Fourier Transform, Hilbert-Huang Transform, Phase Portrait).

Results and discussion

The scientific contribution of this work is related to a frequency domain-based representation and system dynamical investigation of single plant systems exposed to water deficits. Hypotheses' of the experiments are:

- H1: leaf temperature oscillation amplitude (A) of water stressed plants is higher than of fully irrigated plants (leaf temperature rise due to stomatal closure), and
- H2: leaf temperature oscillation frequency (F) of water stressed plants is higher than of fully irrigated plants (water deficit as start condition for stomatal oscillations).

Results of different explorative frequency analysis methods do not unambiguously support the mentioned hypotheses'. Higher amplitude (H1) for stressed plants was detected, but not for all stressed plants. Only half of the highly stressed plants exceeded the maximum leaf temperature of well-watered ones. The highest, plant-individually measured daily temperature rise of highly stressed plants under the presented conditions was 4°C (plant C3, day 3, state high water stress) as opposed to the lowest value of 2°C (plant D4, day 5, state high water stress). This result retrieves the question of how an objectively highly stressed plant is able to maintain leaf temperature values comparable to those of well-watered ones.

Higher frequencies (H2) for stressed plants were not detected. Instead, e.g. in Hilbert-Huang-Transform well-watered plants have more superimposed frequencies (represented by number of so-called IMFs (intrinsic mode functions)) (cp. figure 1, plants A1 (9 IMFs), B1 (8 IMFs)). Moreover, higher frequency in single IMFs for stressed plants cannot be detected (represented by curve progressions in each IMF).

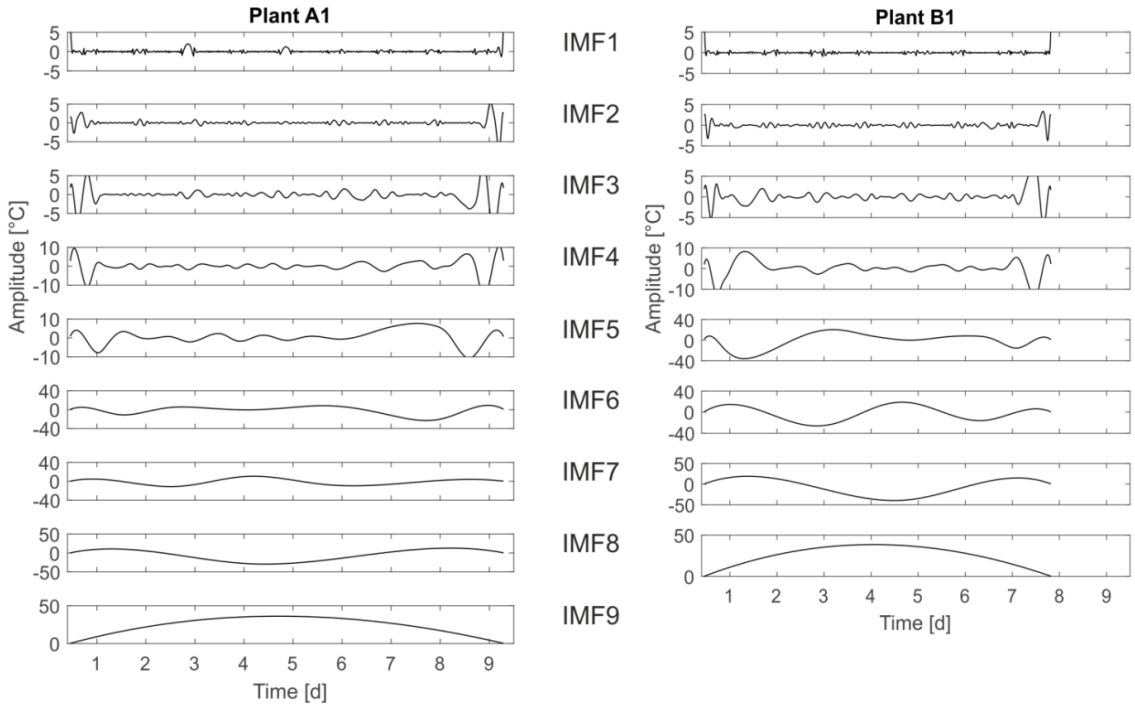


Figure 1: Hilbert-Huang-Transform of leaf temperature signals of plant A1 (full irrigation) and B1 (mild stress). The intrinsic mode functions (IMF1-9) denote the superimposed leaf temperature oscillation frequencies of the same signal. Differences between plants refer to number of different frequencies (IMFs), maximum, and time course of amplitudes. Assignment of IMFs to respective processes is obvious only for few IMFs (e.g. day-night-cycle in IMF1).

Based on these results, the utilization of leaf temperature oscillation incipience due to water deficit for irrigation purposes is not possible. However, the variance of the plants' ability to regulate leaf temperature under water stress implicates considerably different individual water stress behaviors of plants in this experiment. Further, CTV as a measure for crop water stress can also be reasoned by a rise in leaf temperature variance due to plant individual leaf temperature regulation. This result can be used to further investigate plant system dynamics for irrigation purposes.

Literature

[1] Jones, H.G.; Schofield, P.: Thermal and other remote sensing of plant stress, Gen. Appl. Plant Physiology, 34 (1-2) (2008), p. 19-32

[2] Clawson, K.L.; Blad, B.L.: Infrared Thermometry for Scheduling Irrigation of Corn, Agronomy Journal, 74 (2) (1982), p. 311-316

[3] Barrs H.D.: Cyclic variations in stomatal aperture, transpiration, and leaf water potential under constant environmental conditions, Annual Review of Plant Physiology 22 (1971) p. 223-236

[4] Wallach R.; et. al.: Development of synchronized, autonomous, and selfregulated oscillations in transpiration rate of a whole tomato plant under water stress, Journal of Experimental Botany 61 (12) (2010), p. 3439–3449

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 90–91 (2017)

Das Regenwurmvorkommen in mehrjährigen und einjährigen Energiepflanzen in einem Feldversuch

Martin Gauder[1], Patrik Weinmann[1], Sven Marhan[2] und Wilhelm Claupein[1]

[1] Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart;
[2] Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.
E-Mail: *gauder@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Vormals für die Nahrungsmittelproduktion genutzte Ackerstandorte wurden in den vergangenen Jahren teilweise mit Kulturen bestellt, die als energetischer oder industrieller Rohstoff weiterverarbeitet werden. Es stellt sich die Frage, wie sich diese Anbausysteme auf das Bodenleben auswirken. Regenwürmer sind Vertreter der Makro- und Megafauna in Böden, durch ihre Aktivität werden physikalische Bodeneigenschaften und Nährstoffverfügbarkeiten für Pflanzen positiv beeinflusst (Weil und Brady, 2017). Um die langfristigen Auswirkungen verschiedener Energiepflanzensysteme auf die Regenwurmpopulation einzuschätzen, wurde in einem Langzeitversuch, anhand von Auszählungen in Proben des Oberbodens, das Regenwurmvorkommen bestimmt.

Material und Methoden

Die Versuchsfläche befindet sich auf dem Ihinger Hof im Südwesten Deutschlands. Sie ist gekennzeichnet durch eine Höhe von ca. 480 m ü. NN, einem Lehmboden (L 4 LöV) mit 68 Bodenpunkten, einer jährlichen Niederschlagsmenge von 714 mm, sowie einer Jahresdurchschnittstemperatur von 9,1 °C.

Der Versuch lief unverändert seit dem Jahr 2002 und war damit zur Probenahme 15 Jahre alt. Die untersuchten Energiepflanzensysteme waren eine dreijährige **Fruchtfolge** (Wintertriticale – Winterrraps – Winterweizen) mit Pflugeinsatz auf ca. 20 cm, mit einer weiter Unterteilung in N-Kontrollparzellen, ohne N-Düngung, sowie und N-Düngezellen mit jeweils 160 kg N / ha a. Sowie ein **Energiemais** in Selbstfolge mit einer N-Düngung von 0 und 240 kg N / ha a und einer flachen Fräsenbearbeitung (ca. 12 cm) im Winter. Weiterhin die zwei mehrjährigen Pflanzen **Weiden** und **Miscanthus** mit jeweils 0 und 80 kg N-Düngung / ha a.

Die Probennahmen erfolgten am 16.11. 2016 und am 27.3.2017 innerhalb von drei Wiederholungen. In jeder Parzelle der Spaltanlage wurden zu den beiden Terminen drei Bodenproben mit den Maßen 20 X 20 X 20 cm entnommen. Im Anschluss wurden die Quader sorgfältig nach Regenwürmern durchsucht; die Würmer wurden in adulte, juvenile, endogäische und anözische Individuen unterschieden, gezählt und gewogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die statistische Auswertung zeigte in Hinblick auf die Wurmzahl einen signifikanten Einfluss der Kulturart; der Probennahmetermin sowie die N-Düngung zeigten keine signifikanten Auswirkungen auf die Anzahl. In den beiden einjährigen Kulturarten wurden ähnliche Mittelwerte, von 56 / m² Würmern in der Fruchtfolge mit Pflugeinsatz und 74 Würmer / m² im Mais mit reduzierter Bodenbearbeitung, gefunden. Dagegen wurden bei den mehrjährigen Arten Mittelwerte von 144 im Miscanthus und 149 in der Weide gefunden (Abb. 1). Obwohl der Termin in der Auswertung keinen signifikanten Einfluss zeigte, ließ sich im Mais eine Tendenz zur Abnahme der

Regenwurmzahl über den Winter beobachten. Dies könnte mit der Bodenbearbeitung nach der Ernte und der fehlenden Bodenbedeckung (keine Zwischenfrucht) zusammenhängen.

Das Gesamtgewicht der Regenwürmer wurde durch die Wechselwirkung zwischen Kulturart und Termin signifikant beeinflusst, jedoch nicht durch die N-Düngung. Während im Herbst alle Varianten bis auf den Mais niedrigere Regenwurmgewichte als im Frühjahr aufwiesen verhielt es sich im Energiemais gegensätzlich. Die höchste Regenwurmbiomasse wurde mit 57 g / m² im Frühjahr in den Weiden ermittelt.
Die Gewichtszunahme über den Winter lässt sich bei den drei Kulturen aufgrund der nicht erfolgten Bodenbearbeitung vermuten (Fruchtfolgeparzellen waren mit Raps eingesät). Eine signifikante Beeinflussung der Anteile zwischen juvenilen und adulten Tieren, sowie zwischen endogäischen und anözischen Arten konnte nicht gefunden werden; der Anteil der endogäischen Arten lag im Versuchsmittel bei 80 %.

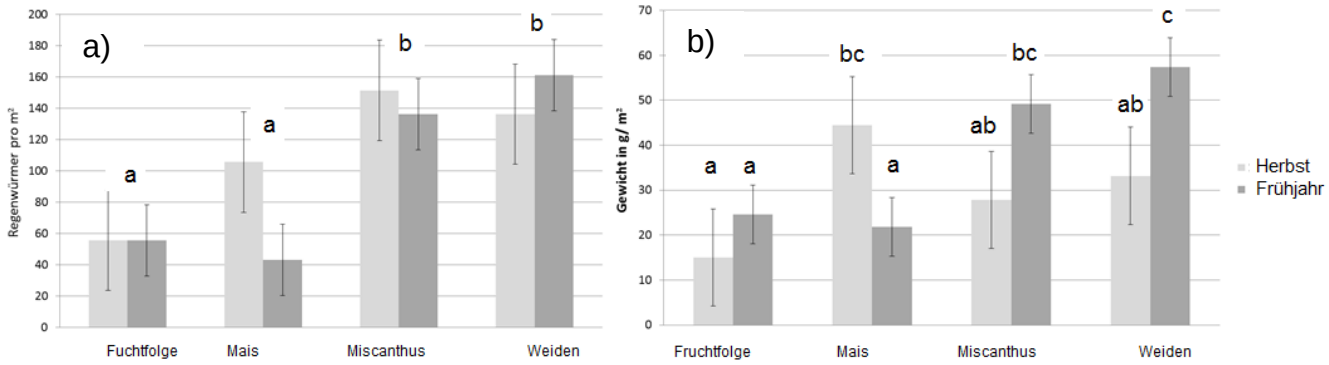


Abb.1: a) Regenwurmanzahl und b) -gesamtgewicht pro m² (bis 20 cm Tiefe) in den untersuchten Energiepflanzensystemen. Dargestellt sind die Zahlen zur Herbstbeprobung und im darauffolgenden Frühjahr, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kulturarten gemittelt über beide Beprobungstermine a) und je Beprobungstermin b) (α = 5 %)

Als wichtigster Faktor für die Anzahl und die Masse an Regenwürmern im Oberboden lässt sich aus diesem Versuch die Bodenbearbeitungsintensität ableiten. Ein Einfluss der N-Düngung und ein Pflanzenarteneffekt konnte bei gleicher Bodenbearbeitung (Miscanthus und Weide) nicht gemessen werden. Die Selbstfolge des Maises und auch das einseitige Nahrungsangebot im Miscanthusbestand schienen keinen negativen Einfluss auf das Regenwurmvorkommen gehabt zu haben. Eine ähnliche Studie nahe Trier zeigte, dass Miscanthus in Hinblick auf die Anzahl und die Artenzahl eine mittlere Position zwischen den intensiveren Ackerkulturen und Brache bzw. Weideland einnahm (Felten und Emmerling, 2011).

Literatur

Weil, R., Brady N. 2017. The Nature and Properties of Soils. Pearson Education Limited, Harlow, England, S. 495- 500

Felten, D., Emmerling C. 2011. Effects of bioenergy crop cultivation on earthworm communities - A comparative study of perennial (Miscanthus) and annual crops with consideration of graded land- use intensity. Applied Soil Ecology 49, S.167- 177

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 92–93 (2017)

Humuswirksamkeit verschiedener Energiepflanzen

Katharina Hey und Rolf Rauber

Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Göttingen. E-Mail: *khey@uni-goettingen.de*

Einleitung

Der Humusgehalt im Boden ist ein wesentlicher Faktor für die Fruchtbarkeit eines Standorts. Humus hat wichtige Funktionen im Boden z.B. Speicherung von Nährstoffen, Wasserhaltevermögen, Quelle und Senke von CO_2. Mais ist eine stark humuszehrende Feldfrucht. Die Humusbilanz ist bei Silomais trotz Gärrestrückführung aufgrund hoher Abbauraten der organischen Substanz negativ (KTBL 2012). Die Wurzelrückstände im Boden sind ein Indikator für die Humusreproduktion beim Anbau von Energiepflanzen.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2014/15 wurden am Versuchsgut Reinshof der Universität Göttingen verschiedene Feldfrüchte angebaut um sie als Energiepflanzen für die Biogasanlage zu testen. Die Winterzwischenfrüchte Wickroggen, Winterackerbohnen, Wintertriticale und ein Gemenge aus Winterackerbohnen und Wintertriticale wurden in einem Zweikulturnutzungssystem mit Mais als Zweitfrucht angebaut. Die Sommerungen Sommerackerbohnen, Einjährige Blühmischung, Amarant, Mais und ein Gemenge aus Amarant und Mais wurden in Hauptfruchtstellung angebaut. Neben den einjährigen Arten gab es die mehrjährigen Arten Deutsches Weidelgras und Mehrjährige Blühmischung. Zahlreiche, für die Nutzung als Energiepflanzen relevante Parameter, wurden erfasst z.B. der Methan-Flächenertrag, der TS-Gehalt der oberirdischen Biomasse, der Bodenwassergehalt nach der Ernte und die Nmin-Menge im Boden im Winter bei Winterzwischenfrüchten. Zudem wurden zum Zeitpunkt der Ernte der oberirdischen Biomasse Wurzelproben in einer Tiefe von 0-60 cm entnommen und die Wurzeltrockenmasse bestimmt. Neben der Trockenmasse wurde auch das Kohlenstoff/Stickstoff-Verhältnis (C/N) der Wurzeln gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Hohe Wurzeltrockenmassen erzielte das Deutsche Weidelgras bei der Ernte im Oktober 2015 mit 41,8 dt TM ha^{-1} (Abb. 1). Auch die Winterzwischenfrüchte hinterließen vergleichsweise große Wurzelmassen im Boden: 16,9 dt TM ha^{-1} bei Wintertriticale bis 35,6 dt TM ha^{-1} bei Winterackerbohnen. Im Zweikulturnutzungssystem mit Winterzwischenfrüchten und Mais als Zweitfrucht konnten die höchsten Wurzeltrockenmassen erreicht werden (Winterackerbohnen + Mais 48,1 und GEM WAB/WT + Mais 44,0 dt ha^{-1}). Andere Varianten wie Mais (12,2 dt ha^{-1}), Einjährige Blühmischung (4,6 dt ha^{-1}) und Amarant (2,9 dt ha^{-1}) blieben deutlich hinter diesen zurück.

Entsprechend der Menge an Wurzeln im Boden verteilen sich auch die über die Wurzeln in den Boden eingetragenen Mengen an Kohlenstoff (Abb. 1). Durch den Anbau von Winterackerbohnen und Mais im Zweikulturnutzungssystem wurden etwa 2100 kg ha^{-1} Kohlenstoff eingetragen, durch Amarant hingegen nur etwa 120 kg ha^{-1}. Wie die Ergebnisse zeigen, kann von einer sehr unterschiedlichen Humus-reproduktion der betrachteten Feldfrüchte und Anbausysteme ausgegangen werden.

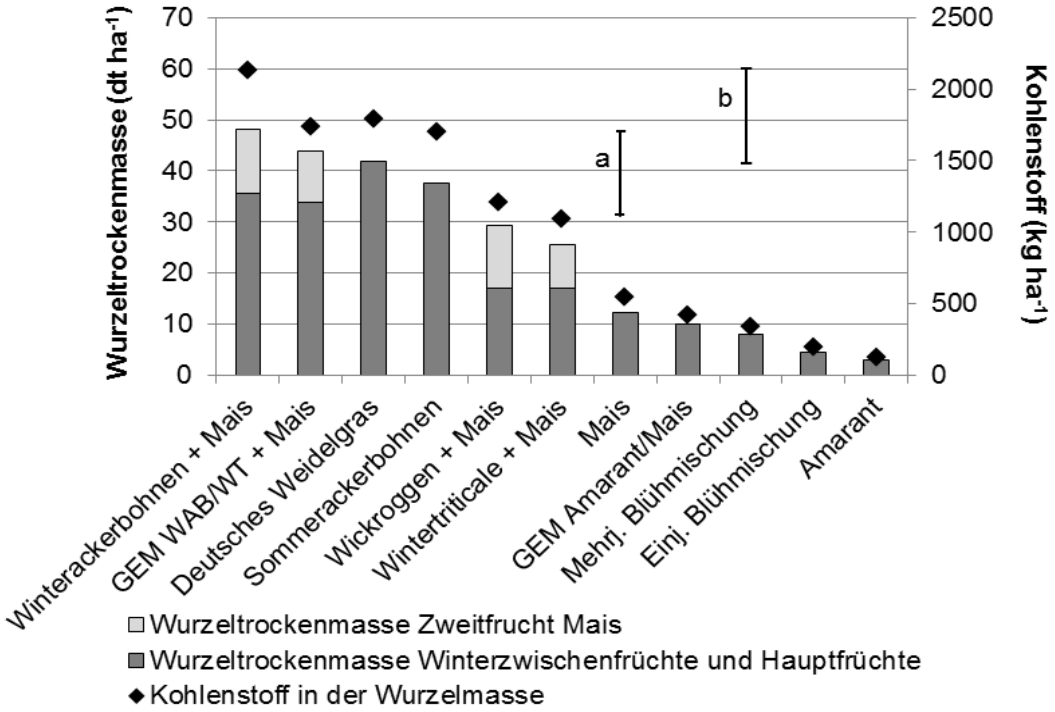


Abb. 1: Wurzeltrockenmasse (in dt ha^{-1}) sowie in der Wurzelmasse gebundener Kohlenstoff (in kg ha^{-1}) bei Winterzwischenfrüchten und Mais im Zweikulturnutzungssystem sowie Sommerungen und mehrjährigen Arten in einer Tiefe von 0-60 cm im Boden im Versuchsjahr 2014/15 am Standort Reinshof. GEM = Gemenge, WAB/WT = Winterackerbohnen/Wintertriticale. a = Grenzdifferenz 5% (Tukey-Test) Wurzeltrockenmasse (15,83 dt ha^{-1}), Grenzdifferenz bezieht sich auf die Höhe der Gesamtsäule. b = Grenzdifferenz 5% (Tukey Test) Kohlenstoff in der Wurzelmasse (685,7 kg ha^{-1}).

Tab. 1: C/N-Verhältnis der Wurzeln

Variante	C/N
Deutsches Weidelgras	75 a
Mais	51 b
Wickroggen	47 bc
Wintertriticale	43 bc
GEM Amarant/Mais	42 bc
Mais nach Wintertriticale	42 bc
Mais nach Wickroggen	42 bc
Einj. Blühmischung	41 bcd
Mehrj. Blühmischung	40 bcd
Mais nach Winterackerbohnen	39 cd
Mais nach GEM WAB/WT	38 cd
Amarant	38 cd
GEM WAB/WT	30 de
Sommerackerbohnen	20 e
Winterackerbohnen	18 e

Das weiteste C/N-Verhältnis wiesen mit 75 die Wurzeln des Deutschen Weidelgrases auf (Tab. 1). Signifikant enger war das C/N-Verhältnis bei Mais in Haupt- und Zweitfruchtstellung bzw. bei den Getreidevarianten. Das engste C/N-Verhältnis wiesen mit 18 und 20 bei Winter- bzw. Sommerackerbohnen die Wurzeln der Leguminosen auf. Das C/N-Verhältnis liefert einen Anhaltspunkt für die Nähr- und Dauerhumuswirkung der Wurzeln. Organische Substanz mit weitem C/N-Verhältnis wird langsamer abgebaut als solche mit engem C/N-Verhältnis. Folglich ist beim Deutschen Weidelgras mit einer länger andauernden Mineralisierung der Wurzeln zu rechnen als bei den Leguminosen, bei denen die Nährstoffe unmittelbar für die Folgekultur zur Verfügung stehen.

Literatur

KTBL (2012): Energiepflanzen. Daten für die Planung des Energiepflanzenanbaus. Darmstadt, 2. Auflage.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 94–95 (2017)

Einfluss des Anbauverfahrens auf den Biomasse- und Faserertrag der Schönmalve (*Abutilon theophrasti* Medik.)

Maria Scheliga und Jan Petersen

Technische Hochschule Bingen, Bingen an Rhein. E-Mail: *m.scheliga@th-bingen.de*

Einleitung

Pflanzliche Fasern werden aktuell in steigendem Umfang für technische Zwecke genutzt. Bisher werden hauptsächlich Hanf und Kenaf für die Herstellung von Faserverbundwerkstoffen eingesetzt. Der Anbau von Kenaf in Mitteleuropa gestaltet sich jedoch schwierig, da diese mehrjährige Pflanze die Winter nur selten überlebt. Eine Alternative zu Hanf und Kenaf könnte hier die Schönmalve (*Abutilon theophrasti* Medik.; ABUTH) darstellen. Sie ist eine einjährige Pflanze und gehört zur Familie der Malvaceae. Ursprünglich stammt sie aus China und wird dort gezielt zur Fasergewinnung angebaut (Spencer, 1984; Warwick & Black, 1988). Die durchgeführten Feldversuche sollen Aufschluss darüber geben, in wie weit sich der Anbau der Schönmalve als alternative Faserpflanze unter mitteleuropäischen Bedingungen realisieren lässt.

Material und Methoden

In den Jahren 2015 und 2016 wurden am Standort Bingen Feldversuche zur Prüfung der Anbauwürdigkeit von ABUTH angelegt. Die Untersuchungsschwerpunkte lagen auf verschiedenen Reihenabständen, Saatstärken (mit und ohne Bewässerung), Erntezeitpunkten und Herkünften. Der Bodentyp der Versuchsfelder ist ein lehmiger Sand. Die mittlere Jahrestemperatur lag 2015 bei 11.7°C, die Niederschlagsmenge bei 350.7 mm und 2016 bei 11°C und 559.8 mm. Alle Versuche wurden als randomisierte Blockanlagen mit vierfacher Wiederholung angelegt. Die Aussaat erfolgte Mitte März bzw. Anfang April. Eine Stickstoffdüngung der Versuche erfolgte nur 2015 (137 kg/ha N inkl. N_{min}), da aufgrund ausreichender N_{min}-Gehalte im Boden diese 2016 nicht erforderlich war. Anfang September wurden die Pflanzen 5 cm über dem Boden abgeschnitten und gewogen. Proben für die Bestimmung der Trockenmasse und des Fasergehaltes wurden entnommen. Die Gewinnung der Rinde erfolgte durch einstündiges Kochen der Stängelproben in Leitungswasser. Diese wurde anschließend im Labor mit 0.4 % Natronlauge (NaOH) 45 min auf einem Sandbad gekocht, anschließend ausgewaschen und getrocknet (24h bei 60°C). Der Faseranteil (% TM) errechnet sich durch die Division der Fasertrockenmasse (g TM) durch die Stängeltrockenmasse (g TM). Auf dieser Grundlage ergibt sich der Faserertrag (kg/ha TM) aus der geernteten Trockenmasse multipliziert mit dem Faseranteil im Stängel.

Ergebnisse und Diskussion

Der Reihenabstand (15, 30 und 45 cm) scheint keinen Einfluss auf den Biomasse- und Faserertrag zu haben. Die Erträge im Jahr 2015 liegen allerdings deutlich unter denen des folgenden Jahres. Dies spiegelt sich auch in allen anderen Versuchen wider. Zurückzuführen ist dies auf die geringen Niederschlagsmengen während der Vegetationszeit im Jahr 2015 im Vergleich zu 2016. Wie auch bei den verschiedenen Reihenabständen war auch bei verschiedenen Pflanzendichten der Unterschied zwischen den Varianten in der geernteten Biomasse gering. Allerdings zeigte sich,

dass eine Pflanzdichte von 30 Pfl./m² den höchsten Biomasseertrag liefert (5.1 t/ha bzw. 9 t/ha). Dieses Ergebnis spiegelt sich auch im Faserertrag wider. Auch hier war der Faserertrag bei 30 Pfl./m² in beiden Versuchsjahren am höchsten (2015: 680 kg/ha, 2016: 1.43 t/ha). Die zusätzliche Bewässerung verstärkte den Effekt. Der Biomasseertrag lag bei einer Saatstärke von 30 Pfl./m² im Jahr 2015 bei 7.8 t/ha und 2016 bei 11.06 t/ha. Der Faserertrag stieg auf 808 kg/ha bzw. 2.4 t/ha durch die zusätzliche Bewässerung. Ein weiterer Einflussfaktor auf den Biomasse- und damit auch auf den Faserertrag, ist der Erntetermin. Im Jahr 2015 wurden die Parzellen an 4 verschiedenen Terminen im Abstand von 2 Wochen beerntet (15.08.-05.10.2015). Im folgenden Jahr waren es 6 Termine (18.08.-21.10.2016). Aufgrund der geringen Niederschlagsmengen waren die Biomasseerträge 2015 deutlich niedriger als im Jahr 2016. Innerhalb der Jahre gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den verschiedenen Erntezeitpunkten. Der höchste Biomasseertrag wurde 2015 beim letzten Erntetermin am 05.10.2015 erreicht (4 t/ha) und zeigt damit auch den höchsten Faserertrag in dem Jahr (582.5 kg/ha). Dieser ist signifikant höher als bei einer Ernte am 22.09. oder 07.09.2015. Der Faserertrag vom 25.08.2015 liegt mit 479.8 kg/ha zwar mehr als 100 kg/ha unter dem Ertrag vom 05.10.2015, unterscheidet sich aber nicht signifikant. Diese Ergebnisse konnten 2016 nicht bestätigt werden. Die Biomasseerträge lagen, außer bei zwei Zeitpunkten, zwischen 8.04 und 8.81 t/ha. Der höchste Faserertrag wurde entsprechend dem höchsten Biomasseertrag am 09.09.2016 erzielt (1.47 t/ha), der niedrigste am 07.10.2016 (1.07 t/ha). Zum letzten Erntetermin am 21.10.2016 konnten 1.25 t/ha geerntet werden. Auf der Grundlage der beiden Versuchsjahre kann der optimale Erntetermin in Bezug auf den Faserertrag nicht auf einen bestimmten Termin beschränkt werden. Es hat sich vor allem 2016 gezeigt, dass auch Ende Oktober noch hohe Fasererträge erzielt werden können, was allerdings auch auf die Witterungsbedingungen zurückzuführen ist. Im Versuchsjahr 2016 wurden auch verschiedene Herkünfte von ABUTH auf ihre Eignung als Faserpflanze untersucht. Es zeigen sich sowohl im Biomasse- als auch im Faserertrag deutliche Unterschiede zwischen verschiedenen Herkünften. Die Erträge variieren zwischen 7.3 t/ha und 12 t/ha geerntete Trockenmasse. Der Faserertrag schwankt ebenfalls. Die Erträge liegen hier zwischen 879 kg/ha und 1.5 t/ha Fasertrockenmasse. Insgesamt zeigte sich, dass die Schönmalve durchaus eine anbauwürdige Faserpflanze in Mitteleuropa sein kann.

Literatur

MUCHOW, R. C., I. M. WOOD, 1980: Yield and growth responses of kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) in a semi-arid tropical environment to irrigation regimes based on leaf water potential. Irrigation Science 1 (4), 209–222.

SPENCER, N. R., 1984: Velvetleaf, *Abutilon theophrasti* (Malvaceae), history and economic impact in the United States. Econ. Bot. 38, 407–416.

WARWICK, S. I., L. D. BLACK, 1988: The Biology of Canadian Weeds. 90. *Abutilon theophrasti*. Canadian Journal of Plant Science 68, 1069–1085

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 96–97 (2017)

Entwicklung von Torfersatzstoffen auf der Basis von Nachwachsenden Rohstoffen

David Hehmann[1], Georg Völkering[1], Thorsten Kraska[2] und Ralf Pude[1,2]

[1] Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Nachwachsende Rohstoffe, Universität Bonn, Rheinbach,
[2] Aussenlabor Campus Klein-Altendorf, Universität Bonn, Rheinbach.
E-Mail: *r.pude@uni-bonn.de*

Einleitung

Der Einsatz Nachwachsender Rohstoffe für die Herstellung von Kultursubstraten zum Ersatz von Torf bietet die Möglichkeit einer ressourcenschonenden Produktion nachhaltiger Substratausgangsstoffe gleichbleibender Qualität. Damit diese Stoffe jedoch auch in der Praxis eine sichere Anwendung finden, müssen nicht nur die Substrateigenschaften untersucht werden, sondern insbesondere die Einflüsse auf die Pflanzenentwicklung [1, 2]. Im Projekt wurden verschiedene mehrjährige Nachwachsende Rohstoffe in unterschiedlicher Aufbereitung und Zuschlagmenge im Substrat untersucht. Unterschiedliche Düngergaben sollten eine mögliche Stickstoffbindung kompensieren. An Versuchen mit Poinsettien und Impatiens konnte gezeigt werden, dass Biomassebildung und -zuwachs nicht nur von der eingebrachten Menge sondern auch vom Ausgangsrohstoff und dessen Aufbereitung abhängig ist. Qualitätsbestimmende Faktoren der Brakteen- und Blütenbildung waren ebenfalls beeinflusst. Die Ergebnisse zeigen, dass Nachwachsende Rohstoffe Torf in Kultursubstraten zumindest teilweise ersetzen können.

Material und Methoden

Als Kontrolle diente eine Schwarztorf-Weißtorfmischung (70:30). Die mit einem Doppelschneckenextruder vorbereiteten Nachwachsenden Rohstoffe (Pappel, Schilf) wurden dem Ausgangssubstrat in Anteilen von 20% und 40% zugemischt und ersetzten den Weißtorfanteil. Um den möglichen Effekt der Stickstoffimmobilisierung zu kompensieren, wurde einem Teil der Varianten 3,75 g/l Horngrieß (Impatiens) zugesetzt bzw. mit 200 mg Ammoniumnitrat (Poinsettien) gedüngt. Neben Substrateigenschaften wurde das Pflanzenwachstum von *Impatiens walleriana* und *Poinsettia pulcherrima* beobachtet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Schüttdichte der Ausgangsrohstoffe Pappel und Schilf waren der von Weißtorf sehr ähnlich, allerdings wiesen die Nachwachsenden Rohstoffe höhere Trockenrückstände auf. Die Trockenrohdichten aller Ausgangsrohstoffe waren sehr ähnlich (~190 g/l). Gleiches konnte für das Gesamtporenvolumen gezeigt werden und lag bei etwa 90 Vol.-%. Die Wasserkapazität lag bei allen Ausgangsrohstoffen zwischen 60-70 Vol.-%, die Luftkapazität zwischen 20-30 Vol.-%. Auftretende Unterschiede waren nicht signifikant. Bei der Wasserfreisetzung (Abbildung 1) konnte beobachtet werden, dass die Kontrollvariante die größte Menge frei verfügbares Wasser aufweist, gleichzeitig jedoch die geringste Luftkapazität besitzt. Es wird deutlich, dass sich die Varianten ab einer Saugspannung von über 50 cm WS kaum noch voneinander in der Wasserpufferkapazität unterscheiden.

Das Wachstum von *Impatiens walleriana* wurde durch die Nachwachsenden Rohstoffe reduziert. So waren sowohl die Trockenmasse als auch der

Pflanzendurchmesser gegenüber dem Torfsubstrat reduziert. Zudem war die Blütenzahl reduziert. In der Regel waren die Effekte geringer bei 20% als bei 40%. Die Stickstoffzugabe über Horngrieß konnte die Unterschiede reduzieren, sodass ein Teil der Wirkung durch Nährstoffunterschiede erklärt werden kann. Ein anderes Bild zeigte sich bei *Poinsettia pulcherrima*. Die Reduktion der Trockenmasse war, wenn überhaupt, gering und nur bei drei von acht Varianten signifikant (Abbildung 2). Eine genauere Untersuchung nach Stängel, Blätter und Brakteen zeigte ähnliche Ergebnisse wie die Gesamttrockenmasse. Die Pflanzenhöhe war nicht beeinflusst.

Die Ergebnisse zeigen, dass Torfersatz durch Nachwachsende Rohstoffe möglich ist, dass es aber auf die Kultur und die Kulturführung ankommt und die Wahl der Substrate entsprechend angepasst oder die Kulturführung für die jeweilige Kultur optimiert werden muss.

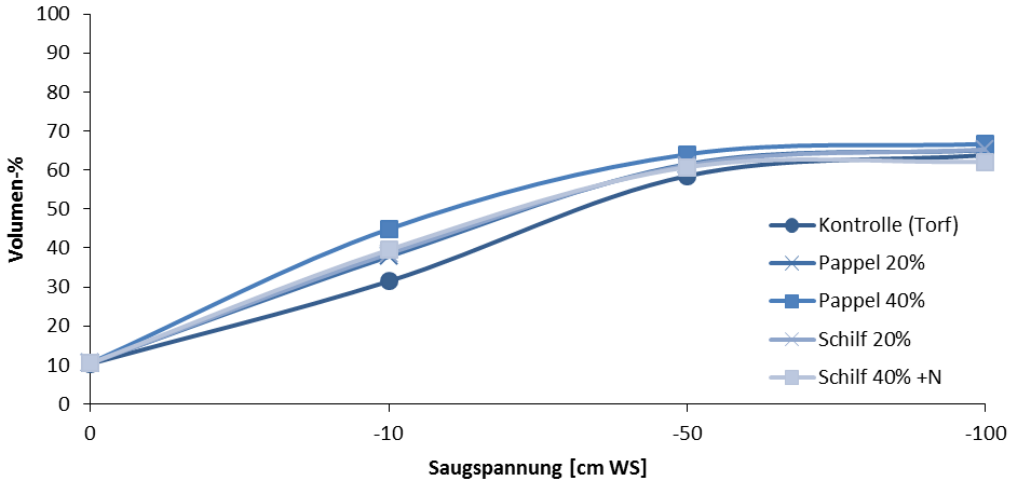


Abbildung 1: Wasserfreisetzungskurve für ausgewählte Substratmischungen (n=4)

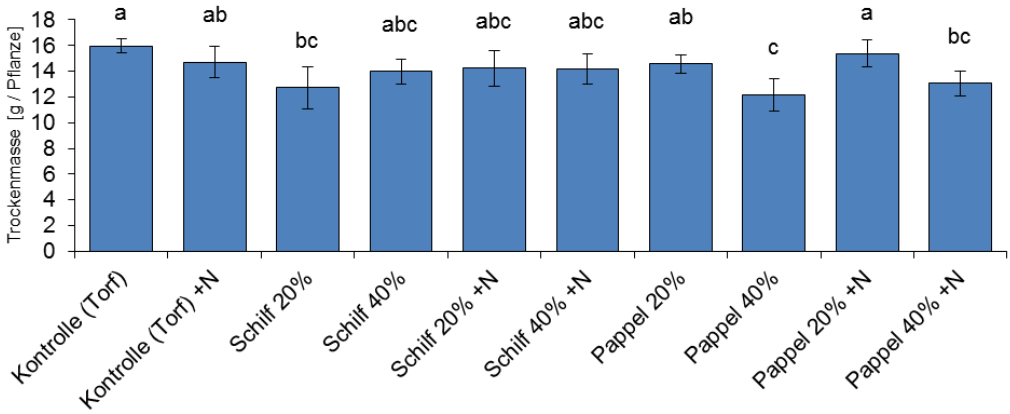


Abbildung 2: Trockenmassenerträge von *Euphorbia pulcherrima* (8 ≤ n ≤ 10)

[1] Gruda, N. (2012). Sustainable Peat Alternative Growing Media. Acta. Hort., 927, 973-979.

[2] Gruda, N. 2012). Current and Future Perspective of Growing Media in Europe. Acta Hort., 960, 37-44.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 98–99 (2017)

Miscanthus, Topinambur und Durchwachsene Silphie als Leichtzuschlagsstoff in Wärmedämmputz

Frederik Thiemann[1], Alica Hermanns[1], Georg Völkering[1] und Ralf Pude[1,2]

[1] INRES – Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; [2] Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: *thiemann@uni-bonn.de*

Einleitung

Wärmedämmputze werden für eine zusätzliche Verringerung der Wärmeleitfähigkeit einer Gebäudehülle zunehmend wichtiger. Mit der aktuellen Energieeinsparverordnung (EnEV) [1] wurde der zulässige Höchstwert für die Wärmeleitfähigkeit der Gebäudehülle erneut abgesenkt. Bei monolithischer Bauweise, also etwa der Verwendung von Porenbeton ohne zusätzlichen klassischen Dämmaufbau aus mehreren Schichten, eignet sich ein Wärmedämmputz, um die Dämmwirkung in der abschließenden Putzschicht fortzusetzen. Auch bei Sanierungen alter Gebäudebestände bieten sich Dämmputze an, da diese den Vorteil einer geringeren Schichtstärke als Wärmedämmverbundsysteme (WDVS) haben. Um dem Putz eine verbesserte Dämmwirkung zu verleihen, wurden bisher vor allem expandiertes Polystyrol (EPS) und Perlite (geblähtes Vulkangestein) verwendet. Diese Leichtzuschläge sollen in einem vom BMWi geförderten Projekt durch Partikel aus Nachwachsenden Rohstoffen ersetzt werden.

Material und Methoden

Um konventionelle Leichtzuschläge, wie EPS oder Perlite, mit Partikeln aus Nachwachsenden Rohstoffen vergleichen zu können, wurde das Feldhäckselmaterial nachzerkleinert und daran eine Vielzahl von Parametern untersucht.
Hierfür wurden Partikel folgenden Ursprungs verwendet:
Miscanthus x *giganteus*, *Helianthus tuberosus*, *Silphium perfoliatum*, EPS für die Putzbeimischung sowie Perlite.

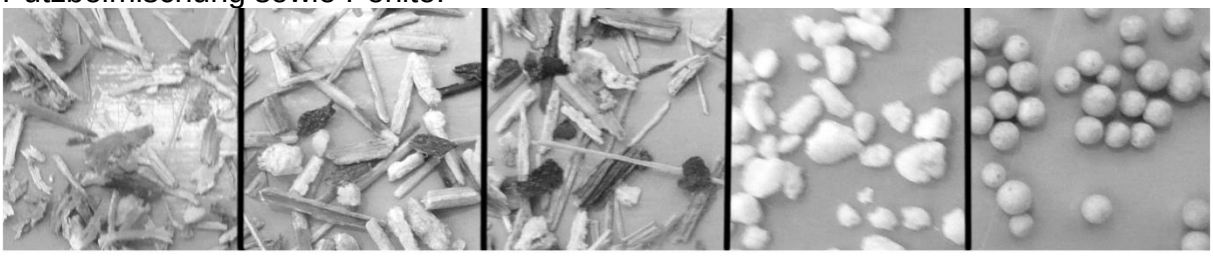


Abbildung 1: Vergleich der Partikel ausgewählten Rohstoffe (Größe des Bildausschnittes beträgt 15x15 mm)

Um eine Vergleichbarkeit gewährleisten zu können, wurden bis auf die EPS-Partikel alle Partikel mittels einer Schwingsiebmaschine (S&F, ASM-100) auf eine Größe von 1-2 mm gesiebt. Der Leichtzuschlag aus EPS befand sich bereits in dieser Größenfraktion.
Die Form und Größe der Partikel wurde mittels Dynamischer Bildanalyse (Retsch Technology, Camsizer P4) ermittelt. Hierzu wurde speziell das Verhältnis von Breite zu Länge und die Sphärizität untersucht (Formel 1).

Formel 1: Verhältnis von Breite (b) zu Länge (l) mit $x_{c\ min}$ = kürzeste maximale Sehne einer Partikelprojektion, $X_{fe\ max}$ = maximaler Feret-Durchmesser der Partikelprojektion. Sphärizität (SPHT) eines Partikels mit U= gemessener Umfang einer Partikelprojektion, A= gemessene Fläche einer Partikelprojektion [2]

$$\frac{b}{l} = \frac{x_{c\ min}}{x_{Fe\ max}} \qquad SPHT = \frac{4\pi A}{U^2}$$

Die Wärmeleitfähigkeit der Schüttungen wurde mittels eines Wärmeleitfähigkeitsmessgeräts (Lambda-Messtechnik, Lambda-Meter EP500e) nach EN 1946-2 bei einer Messtemperatur von 10°C und einer Temperaturdifferenz von 15 K ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Wie in Abbildung bereits zu erkennen, sind die verwendeten EPS-Partikel fast perfekte Kugeln und erreichen daher Werte für die Sphärizität und B/L von nahezu 1 (Tabelle). Die verwendeten Partikel aus Nachwachsenden Rohstoffen unterscheiden sich deutlich von EPS und Perlite, welche Werte zwischen den Nachwachsenden Rohstoffen und EPS einnimmt. Innerhalb der Gruppe der Nachwachsenden Rohstoffe sind die Unterschiede jedoch nicht sehr groß. Hohe Werte bei der Sphärizität und beim Verhältnis von Länge zu Breite bedeuten in der Regel, dass die Partikel leichter fließ- und förderfähig sind. Hingegen werden mit länglichen und faserigen Partikeln bessere Festigkeit im Putz erreicht [3].

Tabelle 1: Verwendete Rohstoffe mit Werten der Dynamischen Bildanalyse, der Schüttdichte und Wärmeleitfähigkeit.

Rohstoff	Sphärizität	Breite zu Länge	Schüttdichte [g/cm³]	Wärmeleitfähigkeit [mW/mK]
Miscanthus	0,41	0,39	0,23	49
Topinambur	0,50	0,36	0,13	45
Silphie	0,46	0,38	0,13	44
EPS	0,99	0,98	0,04	31
Perlite	0,81	0,66	0,11	47

Bei den Wärmeleitfähigkeiten der Schüttungen zeigt sich, dass Topinambur und Silphie leicht besser abschneiden als Miscanthus, dieser hingegen hat eine fast doppelt so hohe Schüttdichte. Höhere Dichten bedeuten in der Regel höhere Festigkeit im Putz und ermöglichen eine bessere Wärmespeicherkapazität. Mit deutlichem Abstand das beste Ergebnis erzielt die EPS Variante, großer Nachteil ist hier jedoch die geringe Schüttdichte und damit im Putz die geringe Druckfestigkeit. Perlite ist sowohl bei der Wärmeleitfähigkeit als auch bei der Schüttdichte auf einem Niveau mit den Nachwachsenden Rohstoffen. Somit haben Leichtzuschläge aus Nachwachsenden Rohstoffen das Potenzial, in Dämmputzen bessere physikalische Werte und gleiche Dämmwirkung zu erreichen.

Literatur

[1] Energieeinsparverordnung – EnEV, Verordnung über energiesparenden Wärmeschutz und energiesparende Anlagentechnik bei Gebäuden, Zuletzt geändert durch Art. 3 V v. 24.10.2015 I 1789.

[2] Handbuch Korngrößenmesssystem CAMSIZER, Retsch Technology GmbH, Dokument 002_CAM_CAM-XT_de

[3] Di Bella, et. al (2014) 'Effects of natural fibres reinforcement in lime plasters (kenaf and sisal vs. Polypropylene)', Construction and Building Materials. Elsevier Ltd, 58, pp. 159–165.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 100–101 (2017)

Einfluss von Fruchtfolgesystemen auf die Ertragsstabilität von Winterweizen bei variierter Stickstoffdüngung

Janna Macholdt und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen. E-Mail: *janna.c.macholdt@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Neben der Stickstoffdüngung hat auch die Gestaltung der Fruchtfolge einen großen Einfluss auf die Produktivität im Weizenanbau. Dabei spielt neben dem absoluten Kornertrag, vor allem im Hinblick auf sich ändernde klimatische Bedingungen zunehmend auch die Ertragsstabilität eine große Rolle. Das Ziel dieser Studie besteht deshalb darin, den Einfluss von sechs verschiedenen Fruchtfolgesystemen in Kombination mit drei Stickstoffdüngungsvarianten auf die Ertragsstabilität von Winterweizen zu klären.

Material und Methoden

Die Studie basiert auf einem Dauerfeldversuch, welcher in der Versuchsstation Rauischholzhausen im Jahr 1983 angelegt wurde (8.88 °E, 56.76 °N, 225 m über NN). Der Boden ist gekennzeichnet als tiefgründiger Lößlehm mit einer Ackerzahl von 66. Die mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 603 mm bei einer mittleren Lufttemperatur von 8,1°C. Der Versuch umfasst die Prüffaktoren Stickstoffdüngung und Fruchtfolgesystem (Tab. 1), mit jeweils dreifacher Wiederholung pro Prüfglied. Die Auswertung bezieht sich auf die Kornerträge von Winterweizen (Tab. 1: Spalte B) der Erntejahre 1993 bis 2016. Der Prüffaktor Stickstoffdüngung ist untergliedert in drei Stufen: N0, N1 und N2. Die N-Gaben für Winterweizen sind: N0 = 0 kg N ha^{-1}; N1 = 40 kg N ha^{-1} Vegetationsbeginn Frühjahr + 40 kg N ha^{-1} Schossgabe; N2 = 60 kg N ha^{-1} + 40 kg N ha^{-1} + 60 kg N ha^{-1} Ährengabe. Die Auswertung zur Ertragsstabilität basiert auf einer Varianzanalyse (Schätzung von Varianzkomponenten, Anteil an Gesamtvarianz in %, alle Effekte signifikant für $p < 0.05$) sowie der Berechnung von Variationskoeffizienten der Ökovalenz.

Tab. 1: Fruchtfolgesysteme und Fruchtfolgeglieder (Fruchtfolgeversuch Rauischholzhausen 1993–2016).

Fruchtfolge-system	Fruchtfolgeglieder			
	A	B	C	D
1	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Sommerhafer
2	Winterroggen (+S*+G**)	Winterweizen	Wintergerste (+S+G)	Sommerhafer
3	Winterraps (+S)	Winterweizen	Wintergerste (+S+G)	Sommerhafer
4	Zuckerrübe (+G)	Winterweizen	Wintergerste (+S+G)	Sommerhafer (+S+G)
5	Ackerbohne (+S)	Winterweizen	Wintergerste (+S+G)	Sommerhafer (+S+G)
6	Ackerbohne (+S)	Winterweizen	Wintergerste (+S+G)	Silomais

*S = Strohdüngung (5 t ha^{-1}). **G = Gründüngung.

Ergebnisse und Diskussion

Der Einfluss von Fruchtfolgesystem und Jahreswitterung, sowie deren Wechselwirkung, auf die Ertragsvariabilität von Winterweizen variieren stark in Abhängigkeit von der Stickstoffdüngungsvariante Das Fruchtfolgesystem zeigt den stärksten Effekt auf die Ertragsvariabilität (40%) in der Düngungsvariante N0 und den geringsten Einfluss (11%) in der Variante mit der höchsten Stickstoffgabe (N2) – der Effekt in N1 liegt mit 28% im mittleren Bereich. Demgegenüber nimmt mit steigenden Stickstoffgaben der Anteil der Jahreswitterung (N0 = 48% < N1 = 57% < N2 = 77%). an der Ertragsvariabilität von Winterweizen zu. Die Wechselwirkungseffekte von Fruchtfolgesystem x Jahreswitterung weisen dagegen in Abhängigkeit von der N-Düngung nur marginale Unterschiede (12–15%) auf und liegen mit 12% in N2 auf ähnlichem Niveau wie der Haupteffekt des Fruchtfolgesystems (11%).

Es wurde weiterhin festgestellt, dass die Ertragsstabilität von Winterweizen in allen sechs Fruchtfolgesystemen mit steigender Stickstoffdüngung zunimmt und somit in der Variante N2 die stabilsten Kornerträge vorhanden waren (Tab. 2).

Tab. 2: Variationskoeffizient der Ökovalenz für das Merkmal Kornertrag von Winterweizen in Abhängigkeit von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngungsvariante (Fruchtfolgeversuch Rauischholzhausen 1993–2016).

Fruchtfolge-system (=FF)	Variationskoeffizient der Ökovalenz [%]		
	Stickstoffdüngungsvariante		
	N 0	N 1	N 2
1	12.39	9.54	7.66
2	11.00	7.38	6.43
3	10.55	7.23	4.90
4	11.93	6.47	5.51
5	10.64	7.32	6.65
6	11.66	4.83	4.47
Mittelwert	11.36	7.13	5.94

Insgesamt wies das Fruchtfolgesystem 6 (mit Ackerbohne als Vorfrucht vor Winterweizen) in der Variante N2 die höchste Ertragsstabilität auf. Vergleichsweise stabile Weizenerträge wurden auch in der N2-Variante der Fruchtfolgesysteme 3 und 4 (Vorfrüchte: Winterraps bzw. Zuckerrübe) ermittelt. Dagegen sind in den Fruchtfolgesystemen 1 und 2 (reine Getreidefruchtfolgen) beim Weizen deutlich höhere Ertragsvariationen zu beobachten. Im Vergleich dieser beiden Getreidefruchtfolgen ist ein positiver Effekt durch die Stroh- und Gründüngung zur Vorfrucht Winterroggen auf die Ertragsstabilität von Winterweizen zu verzeichnen (FF2).

Im Ergebnis der Studie konnte ein eindeutiger Einfluss von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität von Winterweizen festgestellt werden. Der deutliche Effekt der Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität muss allerdings vor dem Hintergrund des Versuchsdesigns und der bestehenden Unterschiede zwischen den Varianten N0, N1 und N2 interpretiert werden. Insgesamt ist eine valide Bewertung zur Ertragsstabilität nur auf Basis langjähriger Ergebnisse möglich, was die hohe Bedeutung von Dauerfeldversuchen in diesem Kontext unterstreicht.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 102–103 (2017)

Verbesserter N-Transfer in Fruchtfolgen: Effekte von Zwischenfrucht und angepasster Fruchtfolge

Maren Radke, Ingo Pahlmann und Henning Kage

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

Einleitung

In klassischen Fruchtfolgen besteht ein erhöhtes N-Auswaschungsrisiko nach Kulturen wie Winterraps oder Körnerleguminosen, da diese bereits nach der Ernte vergleichsweise hohe Rest-N_{min}-Mengen im Boden hinterlassen (Maidl et al. 1991, Sieling et al. 1999). Die N_{min}-Gehalte steigen im Verlauf des Spätsommers und des Herbstes durch die Mineralisation der Ernteresiduen weiter an. Typische Folgefrüchte wie z.B. Winterweizen können das erhöhte N-Angebot aufgrund der geringen N-Aufnahme im Herbst nicht komplett nutzen, sodass es zu Auswaschungsverlusten in der Sickerwasserperiode kommt. Mit Inkrafttreten der neuen Düngeverordnung und der Senkung der N-Bilanzgrenze auf 50 kg N/ha im Mittel von drei Anbaujahren können solche Stickstoffverluste ein Problem für die N-Bilanz der gesamten Fruchtfolge darstellen.

Im Fokus des durch die „Europäische Innovationspartnerschaft“ (EIP) geförderten Projektes „N-Effizienzsteigerung im Ackerbau“, stehen Strategien zur Verbesserung des N-Transfers mit Hilfe angepasster Fruchtfolgegestaltung sowie die Optimierung der N-Düngung in Abhängigkeit von der Vorfrucht.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurden in den drei Naturräumen Schleswig-Holsteins (Östliches Hügelland, Geest und Marsch) Fruchtfolgesystemversuche etabliert. Die Versuche sind als Spaltanlagen mit vier Feldwiederholungen und fünf N-Stufen angelegt, jedes Fruchtfolgeglied wird dabei in jedem Versuchsjahr angebaut. So kann unabhängig vom Jahreseffekt die optimale Düngemenge in Abhängigkeit der Vorfrucht ermittelt werden. In den Versuchen wird jeweils eine ortsübliche Fruchtfolge mit drei alternativen Systemen verglichen, wobei der Schwerpunkt auf dem Test verschiedener Vorfrucht-Nachfrucht-Kombinationen liegt. Hierbei werden Körnerleguminosen oder Raps gefolgt von einem Wintergetreide den alternativen Folgefrüchten Winterraps nach Körnerleguminosen bzw. Zwischenfrucht (Rauhafer) nach Winterraps gefolgt von einer Sommerung gegenübergestellt.

Um die Dynamik des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden abbilden zu können, werden ab der Ernte in regelmäßigen Abständen Bodenproben (Tiefe: 0-90 cm) entnommen. Zudem wird zu Vegetationsende die N-Aufnahme der Kulturen in Abhängigkeit der Vorfrucht destruktiv ermittelt. In der Vegetationsperiode werden im zweiwöchentlichen Rhythmus nicht-destruktive Messungen des Blattflächenindexes (LAI-2200, LI-COR) und spektrale Reflektionsmessungen der Bestände (HandySpec, tec5) durchgeführt, woraus die N-Aufnahmedynamik der Pflanzen abgeleitet wird.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Aussagen in Bezug auf die optimale Düngemenge und die N-Bilanzen der verglichenen Fruchtfolgen können anhand der Erträge der Vegetationsperiode 2015/2016 getroffen werden. Die Fruchtfolgen variieren deutlich in den N-Bilanzen,

da es sich um das Etablierungsjahr der Versuche handelt, ist hierbei jedoch noch nicht der Vorfruchteffekt miteinbezogen.
Die N_{min}-Verläufe unterscheiden sich in Abhängigkeit der Vor- und Folgefrüchte (Abb. 1). Die im Herbst nach Ackerbohnen erwartete höhere N-Aufnahme der Folgefrucht Winterraps gegenüber Winterweizen konnte sich 2016 nicht bestätigen. Es ist anzunehmen, dass dies auf Probleme bei der Etablierung des Rapses zurückzuführen ist. Im Vergleich zum Winterweizen nach Winterraps zeigte sich unter der angebauten Zwischenfrucht bereits in der Phase nach der Ernte bis Mitte Oktober eine deutliche Reduktion der N_{min}-Gehalte. Die Zwischenfrucht nahm bis zum Vegetationsende ca. 85 kg N/ha mehr Stickstoff auf als der Winterweizen. Somit hat diese alternative Vorfrucht-Nachfrucht-Kombination das Potential eines verbesserten N-Transfers, sofern der konservierte Stickstoff in der Folgefrucht, am Standort Östliches Hügelland einem Mais, wirksam wird. In welchem Umfang dies gelingt, wird die Ertragsauswertung der aktuellen Anbauperiode zeigen.

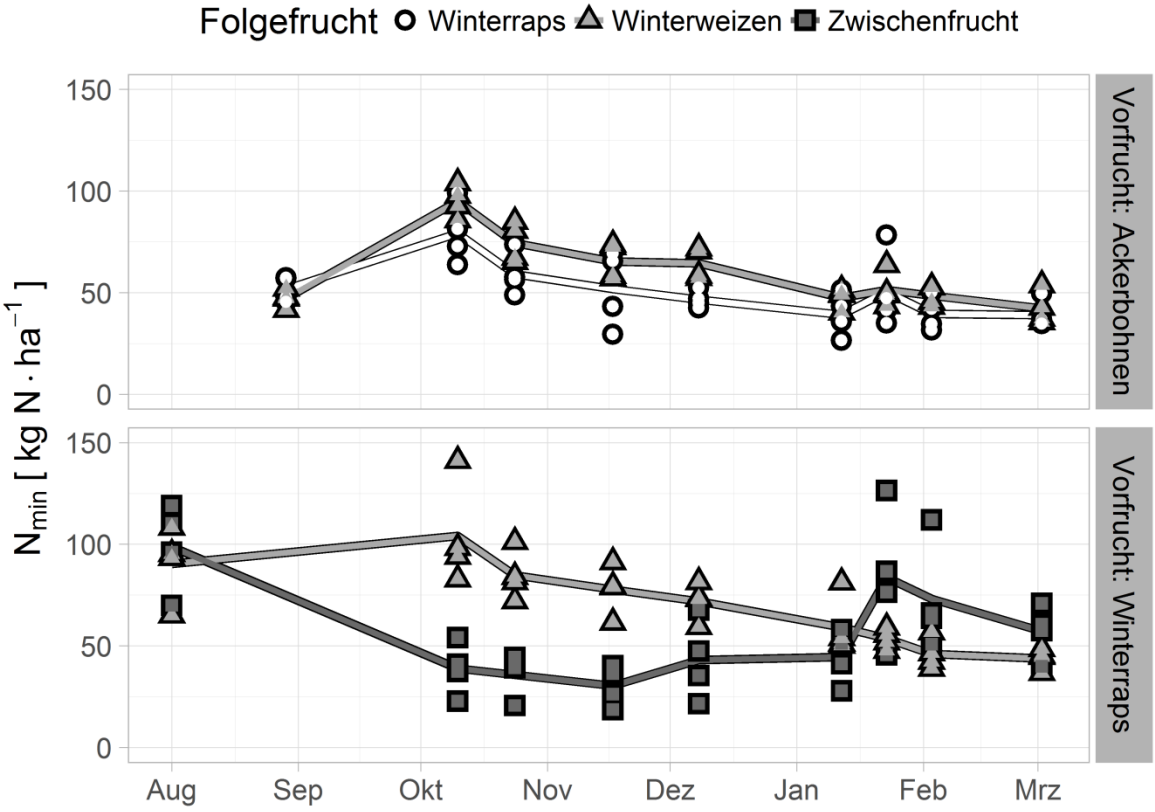


Abb. 1: Nmin-Verläufe (0 - 90 cm) von der Ernte 2016 bis zum Vegetationsbeginn 2017 unter den verschiedenen Folgefrüchten in Abhängigkeit der Vorfrucht (Winterraps gedüngt mit 210 kg N/ha), Standort: Östliches Hügelland.

Literatur

Maidl, F. X., Suckert, J., Funk, R., Fischbeck, G. (1991). Standorterhebungen zur Stickstoffdynamik nach Anbau von Körnerleguminosen. *Journal of Agronomy and Crop Science*, *167*(4), 259-268.

Sieling, K., Günther-Borstel, O., Teebken, T., Hanus, H. (1999). Soil mineral N and N net mineralization during autumn and winter under an oilseed rape–winter wheat–winter barley rotation in different crop management systems. *The Journal of Agricultural Science*, *132*(02), 127-137.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 104–105 (2017)

Substratinduzierte Stickstoff-Immobilisierung: Möglichkeit zur Verringerung der N-Verluste nach Ackerbohne und Winterraps

S. Rothardt, I. Pahlmann und H. Kage

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

Einleitung

Winterraps und Ackerbohne hinterlassen neben stickstoffreichen Ernterückständen auch hohe Gehalte an bereits mineralisiertem Stickstoff im Boden. Der folgende Winterweizen weist eine geringe N-Aufnahme im Herbst auf, womit das Risiko für N-Verluste zunimmt. Diese gefährden zunehmend den Grundwasserkörper und tragen zur indirekten Treibhausgasemission bei (Rathke et al., 2006; Sieling und Kage, 2006). Mikrobielle Immobilisierung des Stickstoffs, induziert durch Quantität und Qualität organischen Materials im Boden, könnte die mineralische Freisetzung bis zum Beginn der Vegetationsperiode hinauszögern und somit die Aufnahme durch den Winterweizen begünstigen (Chen et al., 2014; Congreves et al., 2013; Trinsoutrot et al., 2000).

Material und Methoden

Zentraler Untersuchungsgegenstand ist ein dreifaktorieller Feldversuch (Fruchtfolge, Düngestufe, Substratbehandlung) in Spaltanlage auf dem Versuchsgut Hohenschulen nahe Kiel, bei dem neben den eigentlichen Ernteresiduen der Vorfrucht die Wirkung zweier weiterer C-reicher Substrate auf die N-Dynamik in der Nacherntеperiode untersucht wurde.
Hierzu wurden zwei Fruchtfolgen (Winterraps (RAW) – Winterweizen (WW) – Wintergerste (GW) und Ackerbohne (BA) – WW – GW) in vierfacher Wiederholung etabliert, wobei jedes Fruchtfolgeglied in jedem Jahr präsent ist. Vor der WW-Aussaat kamen vier verschiedene Managementmaßnahmen zur Anwendung:
1.) Belassen der kompletten Vorfruchtresiduen (Kontrolle)
2.) Entfernung oberirdischer Residuen
3.) Entfernung oberirdischer Residuen und Auftrag von 10 t WW-Stroh * ha^{-1}
4.) Entfernung oberirdischer Residuen und Auftrag von 15 t Fichten-Sägemehl * ha^{-1}

Die Substrate wurden 10 cm tief eingearbeitet. Die vier verschiedene Düngestufen im WW reichen von 0 bis 280 kg N * ha^{-1}. Die weitere Bewirtschaftung der Flächen erfolgte nach ortsüblicher Praxis.

In zwei Jahren (2015/16 und 2016/17) wurden von August bis März zur Bestimmung des N_{min}-Gehalts in regelmäßigem Abstand Bodenproben bis 90 cm Tiefe genommen. In ähnlichen Zeitabständen wurde mittels statischer Kammern die N_2O-Emission bestimmt. Im Weizen wurde die N-Aufnahme während der Vegetations-periode mittels destruktiver Proben und Spektralmessungen quantifiziert. Zur Ernte wurden Ertrag und Stickstoffgehalt in Korn und Stroh erfasst. Um etwaige Langezeiteffekte der Substratbehandlung nach zwei Jahren zu erfassen, wurde 2016/17 auch die N-Dynamik der Gerstenparzellen untersucht.

Die Auswertung der Messreihen erfolgt mit gemischten Modellen in R. Zur Bilanzierung des N-Haushaltes und zur Abschätzung der Substratwirkung in

Abhängigkeit von Boden und Klima (Szenarienanalyse), werden die Daten zur Parametrisierung eines in der AG Kage entwickelten prozessorientierten Pflanzen-Boden-Atmosphäre-Modells herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verläufe der N_{min}-Gehalte lassen den Schluss auf eine Festlegung von Stickstoff nach der Behandlung mit Weizenstroh (Abb. 1) und Sägemehl zu. Ebenso zeigen diese beiden Substratvarianten negative Auswirkungen auf den potentiellen Ertrag. Allerdings ließen sich in den zwei beobachteten Jahren keine signifikanten Auswirkungen der Substratbehandlung auf die Dynamik von mineralischem Bodenstickstoff und N_2O-Emission nachweisen. Langzeiteffekte könnten in der Folgefrucht Wintergerste (Ernte 2017) zum Tragen kommen.

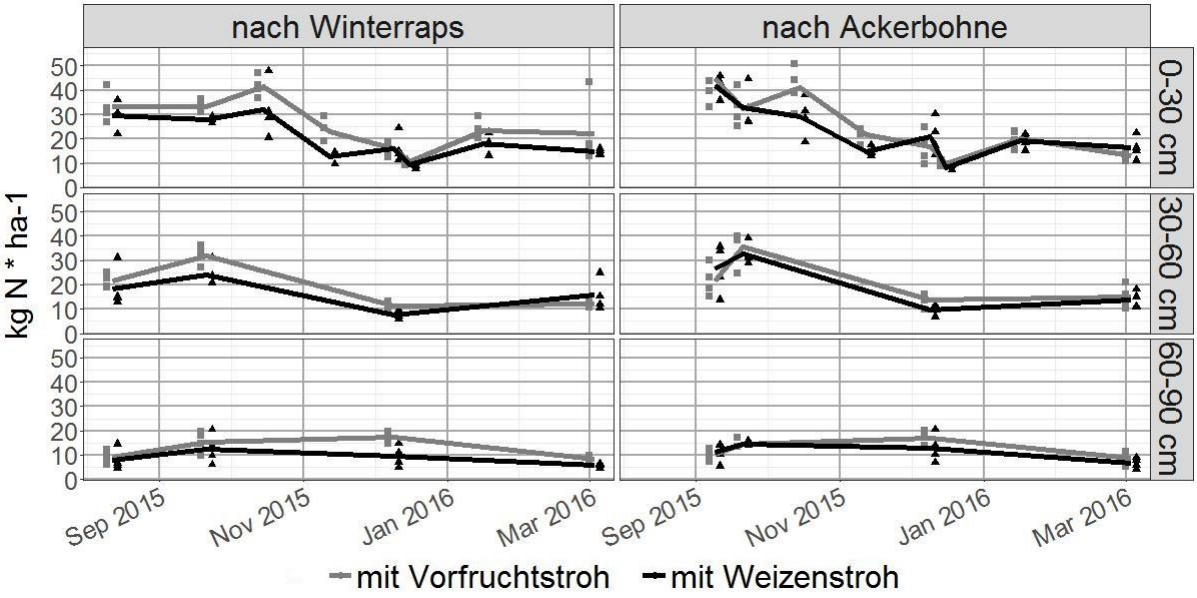


Abbildung 1: N_{min}-Gehalte in 3 Bodenschichten für beide Vorfrüchte

Literatur

Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C., Zhang, Y., 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. Agron. Sustain. Dev. 34, 429–442. doi:10.1007/s13593-014-0207-8

Congreves, K., Vyn, R., Van Eerd, L., 2013. Evaluation of Post-Harvest Organic Carbon Amendments as a Strategy to Minimize Nitrogen Losses in Cole Crop Production. Agronomy 3, 181–199. doi:10.3390/agronomy3010181

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. Agric. Ecosyst. Environ. 117, 80–108. doi:10.1016/j.agee.2006.04.006

Sieling, K., Kage, H., 2006. N balance as an indicator of N leaching in an oilseed rape - winter wheat - winter barley rotation. Agric. Ecosyst. Environ. 115, 261–269. doi:10.1016/j.agee.2006.01.011

Trinsoutrot, I., Nicolardot, B., Justes, E., Recous, S., 2000. Decomposition in the field of residues of oilseed rape grown at two levels of nitrogen fertilisation. Effects on the dynamics of soil mineral nitrogen between successive crops. Nutr. Cycl. Agroecosystems 56, 125–137. doi:10.1023/A:1009838618133

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 106–107 (2017)

Einfluss einer variierenden N-Düngung auf Korninhaltsstoffe, Ertragsstruktur und Pflanzenentwicklung von Winterweizen (*T. aestivum* ssp. *aestivum*)

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

Es ist seit langem bekannt, dass die Versorgung der Pflanze mit Stickstoff (N) einen Einfluss auf Primärmetabolite wie Kohlenhydrate, Fett und Protein im Weizenkorn hat. Dagegen gibt es bisher wenige Erkenntnisse dazu, ob und inwiefern die Höhe und zeitliche Verteilung der N-Düngung einen Einfluss auf die Bildung und Akkumulation von sekundären Pflanzeninhaltsstoffen, wie z. B. Phenolsäuren, besitzt. Ziel dieser Untersuchung war es daher, den Einfluss einer variierenden N-Düngung auf Gesamtphenolgehalte sowie einzelne Phenolsäuren im Weizenkorn zu klären. Dabei wurden mehrere Stadien der Kornfüllung untersucht. Gleichzeitig wurde der Einfluss der jeweiligen N-Düngung auf die Entwicklung des Pflanzenbestandes und die Ertragsstruktur dokumentiert.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2014/15 wurde in der Versuchsstation Weilburger Grenze, Gießen, ein Feldversuch mit Winterweizen, Sorte Genius (E-Weizen), angelegt. Die N-Düngung unterschied sich in Höhe und zeitlicher Applikation folgendermaßen: N0: ohne N-Düngung (Kontrolle); N75: 40 + 35 kg N/ha; N150a: 80 + 70 kg N/ha; N150b: 80 + 40 + 30 kg N/ha; N195: 104 + 91 kg N/ha. Die ersten beiden Teilgaben erfolgten zur Bestockung und während des Schossens, die dritte Teilgabe zum Ährenschwellen. Die Ernte erfolgte zu drei verschiedenen Terminen während der Kornfüllung: Späte Milchreife (DC 77), Teigreife (DC 85) und Totreife (DC 92). Der N-Gehalt der Karyopsen wurde mit der Methode von Dumas bestimmt. Lösliche und zellwandgebundene phenolische Verbindungen wurden mit organischem Lösungsmittel extrahiert und getrennt voneinander analysiert. Sowohl die Gesamtphenolgehalte nach Folin-Ciocalteu als auch die Konzentrationen einzelner Phenolsäuren (HPLC) wurden gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Bei den löslichen phenolischen Verbindungen änderte sich der Gesamtphenolgehalt im Laufe der Kornfüllung nicht signifikant. Zwischen der Düngungsvariante und dem Gesamtphenolgehalt bestand ein schwacher Zusammenhang mit den höchsten Werten für N75 und den niedrigsten Werten für N150b. In der Fraktion der zellwandgebundenen phenolischen Verbindungen nahm der Gesamtphenolgehalt im Laufe der Kornentwicklung signifikant ab. Die N-Düngung hatte dabei keinen Einfluss auf die Höhe der Gesamtphenole. Dies stimmt mit der Annahme überein, dass die Konzentration der zellwandgebundenen phenolischen Verbindungen eher genetisch determiniert ist, während sich die löslichen Verbindungen stärker durch äußere Faktoren beeinflussen lassen (Fernandez-Orozco et al., 2010).

In beiden Fraktionen war Ferulasäure die dominierende Phenolsäure und wird hier exemplarisch dargestellt. In der Fraktion der löslichen phenolischen Verbindungen stieg die Konzentration an Ferulasäure während der Kornfüllung signifikant an. N0

erzielte dabei höhere Konzentrationen als die Varianten mit einer Düngung von 150 bzw. 195 kg N/ha. Im Vergleich zu N150a änderte sich die Ferulasäure-Konzentration in den Karyopsen weder durch eine Erhöhung des N-Aufwands (N195) noch durch eine Variation der zeitlichen Verteilung der N-Gaben (N150b) signifikant. In der Fraktion der zellwandgebundenen phenolischen Verbindungen war weder für das Entwicklungsstadium noch für die N-Düngung ein Effekt auf die Ferulasäure-Konzentration zu erkennen.
Die Ferulasäure-Konzentration korrelierte negativ mit dem Gehalt an Stickstoff im Korn, wobei der Zusammenhang bei den löslichen Verbindungen ($p < 0{,}001$; r = -0,442) stärker war als bei den unlöslichen Verbindungen ($p < 0{,}01$; r = -0,379.)

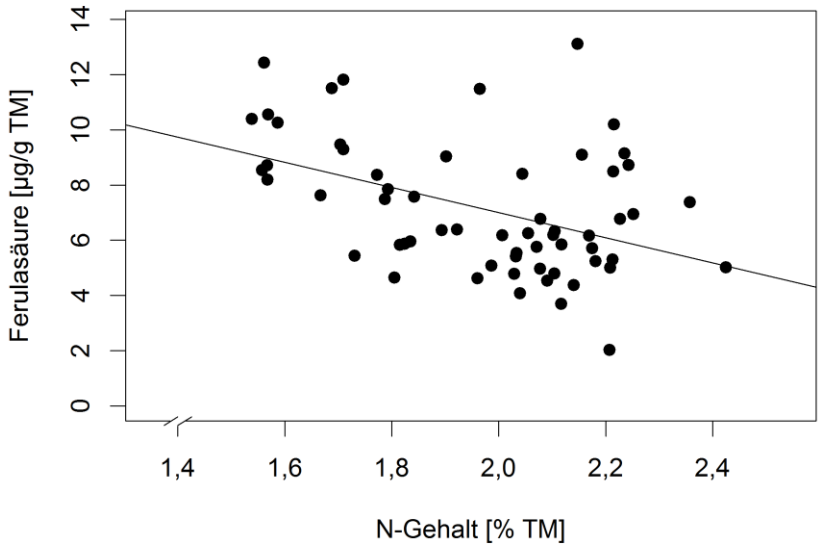


Abb. 1 Korrelation zwischen dem N-Gehalt und der Ferulasäure-Konzentration in der Fraktion der löslichen phenolischen Verbindungen in Weizenkaryopsen, Feldversuch Gießen 2014/15. $p < 0{,}001$, r = -0,442

Der N-Gehalt der Karyopsen änderte sich signifikant mit der Düngungsvariante. Je höher der Gesamt-N-Aufwand, desto höher war der N-Gehalt im Korn. Die beiden Varianten mit einem Gesamtaufwand von 150 kg N/ha (N150a und N150b), die auf zwei bzw. drei N-Gaben verteilt waren, unterschieden sich hinsichtlich des N-Gehaltes in den Karyopsen nicht signifikant voneinander. In N0 und N75 war der N-Gehalt signifikant niedriger als in den anderen Düngungsvarianten. Das gleiche Bild ergab sich für die Wuchshöhe, den Blattflächenindex, den Chlorophyllgehalt der Blätter sowie den Kornertrag.
Zusammenfassend ist festzustellen, dass eine Verminderung der N-Düngung einen positiven Effekt auf lösliche Phenolsäuren in Weizenkaryopsen hatte, der allerdings mit Ertragseinbußen einherging. In der vorliegenden Untersuchung hatte weder eine Erhöhung des Gesamt-N-Aufwands von 150 auf 195 kg N/ha noch eine Aufteilung auf drei statt zwei N-Gaben einen signifikanten Effekt auf den Kornertrag pro ha oder den Gehalt an sekundären Pflanzeninhaltsstoffen in Weizenkaryopsen.

Literatur

Fernandez-Orozco, R., Li, L., Harflett, C., Shewry, P.R., Ward, J.L., 2010. Effects of Environment and Genotype on Phenolic Acids in Wheat in the HEALTHGRAIN Diversity Screen. J. Agric. Food Chem. 58, 9341–9352. doi:10.1021/jf102017s

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 108–109 (2017)

A novel combination of urease inhibitors and its formulation with better performance concerning biology, handling, transport and storage compared to existing products

G. Pasda[1], A.H. Wissemeier[1], M.T. Sisay[1], L. Vance[2], M. Muller[3], J. Sanz-Gomez[1], K.-H. Schneider[1], M. Staal[1], W. Zerulla[1] and M. Schmid[1]

[1] BASF SE, Limburgerhof; [2] BASF Corp., Raleigh; [3] BASF S.A., Sao Paulo.
E-Mail: *gregor.pasda@basf.com*

Introduction

The main disadvantage of urea-containing fertilizers, which are the dominant nitrogen fertilizers worldwide, is nitrogen (N) volatilization losses in form of ammonia (NH3). Depending on weather and on soil conditions the extent of such N losses can be up to 70% of applied N [1]. One approach to reduce these losses is the application of urease inhibitors (UI), which may substantially reduce NH3-losses by up to 80% [2].
BASF SE developed a novel combination of urease inhibitors (brand name Limus®), which is a mixture of three parts NBPT (N-(n-butyl)thiophosphoric-triamide) and one part NPPT (N-(n-propyl)thiophosphoric-triamide). The new developed formulation of these two active ingredients (AI) is based on polymers.
The objective of several studies was to compare this novel product with the market standard regarding NH_3 emissions, yield impact, handling, transport and storage properties.

Materials and Methods

Limus® or the corresponding treated urea-containing fertilizers (urea, urea ammonium nitrate solution (UAN)) was compared with the market standard (MS, Agrotain® or Agrotain Ultra®, Koch Agronomic Services LLC) and the treated urea-containing fertilizers, resp.. The active ingredient (AI) of the MS is NBPT (N-(n-butyl)thiophosphoric-triamide) only. AI concentrations of Limus and MS were between 0.04 and 0.09% based on urea fertilizer. UI-treated urea were produced in small concrete mixer, seed treater or tumbler mixer.
Experiments were conducted under fully controlled conditions in the lab and under field conditions in Argentina, Brazil, Denmark, France, Germany, Italy, Spain and United States. Test crops in the small plot and fully randomised field experiments with minimum three replicates were mainly corn, wheat and rice.
NH_3 emissions were measured in the lab (measuring period up to 35 days) using ventilated chambers and under field conditions (measuring period in most cases 10-15 days) with a closed chamber method. Crops were harvested with small plot combine harvesters or by hand.
Parameters to compare handling, transport and storage properties were drying time after treatment, AI abrasion during transport and AI stability in the formulation (AI degradation after 14 days at 54°C) and crystallization at low temperature (down to -10°C without and with crystal seeding) as well as AI stability on urea during storage (at 20°C and storage time up to 6 months). Applied methods were in-house methods based on AI transfer from fresh treated to untreated urea (drying time), AI analysis [3] [4] in abrasion dust after movement in a rotating metal barrel for 3 minutes (AI abrasion), AI analysis and crystallization rating (AI stability in formulation and on urea).

Results and discussion

With the same AI concentration Limus reduced NH3 emissions significantly compared to the MS (no UI: 13.1%, MS: 4.5%, Limus : 3.6% NH3-N losses of applied N, basis: 80 experiments (2013 and 2015), SNK test α=5%). The action period of Limus was 2 to 5 days longer than the MS. To reach the same performance as the MS the AI concentration of Limus could be reduced by 30 and 40%.
On average of 74 field experiments between 2012 and 2015 the yield increased by Limus was 2.1% compared to MS (no UI: 7.57 c, MS: 7.72 b, Limus: 7.88 t/ha a, SNK test α=5%). Due to this higher N efficiency the N amount of Limus-treated urea can be reduced to reach same yield level of MS.
The reason for this higher efficiency of Limus is a synergistic action of the two AI which could be demonstrated by lab experiments.

Due to its new formulation, Limus dried faster than on urea than MS (3 hours after treatment of urea 2.4% of MS AI and just 1% of Limus AI could still transfer to untreated urea). The faster drying time of Limus reduces risk of equipment blocking due to fertilizer aggregation.
Also abrasion of AI from the surface of urea granules after mechanical stress was lower for Limus (AI concentration in the abrasion dust remaining in the testing equipment after treatment was 0.7% for Limus and was 2.0% for MS). Lower amounts of abrasion result in less AI loss as well as in less build-up in the blender equipment and so reducing cleaning effort and down-time of the blending system.
Positive effects of the new formulation were also found for AI storage stability in the formulation. At high temperatures (54°C for 14 days) AI loss was lower for Limus (0.2% in the Limus formulation and 1.2% in the MS formulation) and at low temperature (-10°C for 14 days) Limus formulation didn't crystalize out in contrast to the MS formulation. In such cases the MS formulation must be heated to redissolve the crystals before treating urea at low temperature e.g. during winter time. This is an additional effort which reduces flexibility of the fertilizer blenders.
Biggest difference between Limus and MS is AI stability on urea during fertilizer storage. After 6 months storage time at 20°C and 70% relative humidity in open bags AI loss from MS-treated urea was 72% and for Limus-treated urea only 14%. Such high AI losses from MS-treated urea reduces possible storage time, biological performance and represent an economical loss for the farmer. To compensate for these AI losses during storage, AI concentration in MS-treated urea must be clearly increased to be able to guarantee the stated biological performance after long-term storage and to stay above minimum AI concentration on urea according to EU/national fertilizer legislations.

Literature

[1] Kiss, S., Simihăian, M. 2002. Improving efficiency of urea fertilizers by inhibition of soil urease activity, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London

[2] Trenkel, M. 2010. Slow- and controlled-release and stabilized fertilizers: An option for enhancing nutrient use efficiency in agriculture, 2nd edition, International Fertilizer Industry Association, Paris

[3] DIN EN 2008. Fertilizers – Determination of urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) using high-performance liquid chromatography (HPLC), DIN EN 15668

[4] DIN EN 2015. Fertilizers – Determination of urease inhibitor N-(n-butyl)thiophosphoric triamide (NBPT) and N-(n-propyl)thiophosphoric triamide using high-performance liquid chromatography (HPLC), DIN EN 16651

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 110–111 (2017)

Kohlenstoffsequestrierungsleistung von Futterbausystemen

Carsten Malisch, Thorsten Reinsch, Inga Bunne, Christof Kluß, Ralf Loges, Antje Herrmann und Friedhelm Taube

Grünland u. Futterbau/Ökol. Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, 24118 Kiel,
E-Mail: *cmalisch@gfo.uni-kiel.de*, *treinsch@gfo.uni-kiel.de*

Einleitung

Der Bodenhumusvorrat steht in direktem Zusammenhang mit der Bodenfruchtbarkeit und dem Klimaschutz. In Deutschland werden ca. 44% der landwirtschaftlichen Bodennutzung zur Futtererzeugung als Dauergrünland (28%) oder als Ackerfutterbau (17%) genutzt. In diesem Kontext stellt sich die Frage in wie weit typische Anbausysteme hinsichtlich ihrer Kohlenstoff-(C)-Sequestrierungsleistung zu bewerten sind. Das Ziel dieser Studie war es daher, diesen Einfluss an drei Nutzungssystemen (Dauergrünland, Mais in Selbstfolge sowie einer dreigliedrigen Fruchtfolge aus Futtermais, gefolgt von Winterweizen geerntet als Ganzpflanzensilage zur Teigreife und einer einjährig genutzten Kleegrasuntersaat) vergleichend zu erfassen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Herbst 2010 auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb „Lindhof“ etabliert. Alle beschriebenen Futterbaussysteme wurden in einer 0N oder einer 240 kg N ha^{-1} (in Form von Rindergülle) Variante angebaut. Ertrags- und Boden-C-Messungen wurden seit Beginn der Versuchsanlage jährlich durchgeführt. In den Versuchsjahren 2012 und 2013 wurde zusätzlich die unterirdische Nettoprimärproduktion erfasst (Steingrobe et al., 2000). Auf Basis der gemessenen ober- u. unterirdischen Nettoprimärproduktion (NPP) zzgl. den empirisch abgeleiteten Anteilen der Rhizodeposition (Kuzyakov and Domanski, 2000) und Streuverluste vom Grünland (Schuman et al., 2002), wurden abzüglich der geernteten abgefahrenen Biomasse die jährlichen C-Einträge in den jeweiligen Prüfgliedern ermittelt. Die Trockenmasseerträge (oberirdisch u. unterirdisch) sind als aschekorrigierte Biomasse (OM) dargestellt. Das Bodenkohlenstoffmodell (CN-SIM) wurde anhand der jährlichen Humus-C-Untersuchungen im oberen Bodenhorizont (0-30 cm) validiert und die langfristigen Effekte auf den Bodenhumushaushalt in Abhängigkeit der NPP simuliert (Petersen et al., 2005).

Ergebnisse und Diskussion

Die NPP zeigte keine signifikanten Unterschiede zwischen den Systemen, mit 11.7 t OM ha^{-1} im ungedüngten Dauergrünland, im Vergleich zu 11.0 t OM ha^{-1} für Mais in Selbstfolge und 11.8 t OM ha^{-1} für die Fruchtfolge. In den gedüngten Systemen erhöhten sich die Erträge auf 15.0 t OM ha^{-1}, 13.4 t OM ha^{-1} und 13.5 t OM ha^{-1}, respektive, jedoch waren die Unterschiede weiterhin nicht signifikant. Betrachtet man die Ernteerträge, so liegt das Dauergrünland mit 6.3 t OM ha^{-1} (ungedüngt) und 7.8 t OM ha^{-1} (gedüngt) niedriger als Mais in Selbstfolge (8.7 und 10.6 t OM ha^{-1}) oder der Fruchtfolge (8.8 und 9.8 t OM ha^{-1}). Der Anteil der gesamten Biomasse die unterirdisch gebildet wurde (f_{BNPP}) liegt im Dauergrünland bei 32% und war damit höher (P <0.01) als bei Mais in Selbstfolge (18%) oder der Fruchtfolge mit (21%). Die unterschiedlichen Mengen an Ernte- und Wurzelresten zwischen den Systemen führten dazu, dass sich 7 Jahre nach der Etablierung die C-Mengen im Oberboden des Dauergrünlandes im Durchschnitt pro Jahr um 0.6 t C ha^{-1} $Jahr^{-1}$ erhöht hatten,

während unter Mais in Selbstfolge die Boden-C-Mengen pro Jahr um 0.2 t C ha^{-1} $Jahr^{-1}$ reduziert wurden. Die Fruchtfolge zeigte weitestgehend stabile Humusmengen. Die org. Düngung führte in allen Beständen zu einer Erhöhung der Humus-C-Mengen. Das verwendete Modell zeigte eine gute Übereinstimmung mit dem gemessenen Humus-C-Mengen. Langfristig (~100 Jahre) zeigte die Simulation in Abhängigkeit von der Düngung eine Erhöhung des Humusvorrates um etwa +20 bis +40 t C ha^{-1} bei fortgeführter Grünlandnutzung, während Mais in Selbstfolge zu Verlusten von -3 bis -15 t C ha^{-1} führte. Die Fruchtfolge stellte sich mit +1 bis +7 t C ha^{-1} annähernd stabil dar (Abb.1).

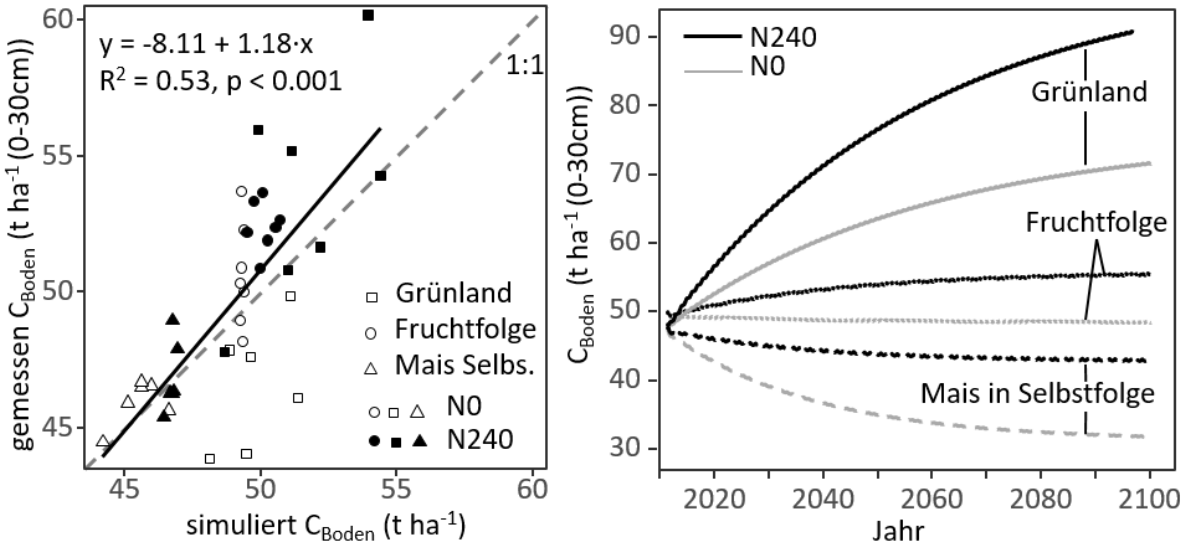


Abb.1: Gemessene und simulierte Humusmengen (C_{Boden}) in drei verschiedenen futterbaulichen Produktionssystemen, jeweils ungedüngt oder gedüngt mit 240 kg N ha^{-1} als Rindergülle.

Die höheren C-Einträge im Dauergrünland, sowie in geringerem Maße in der Fruchtfolge aufgrund des Kleegrasuntersaat sind ein Resultat aus der dichteren Wurzelstruktur von Graslandsystemen (Rees et al., 2005) und der konservierenden Bodenbewirtschaftung. Zusätzlich bieten diese beiden Systeme gegenüber der Maisselbstfolge auch über den Winter eine Bodenbedeckung, wodurch sowohl ein C-Abtrag durch Erosion vermindert, als auch in milden Wintern zusätzlicher Kohlenstoff über Biomasse eingetragen wird. Die Etablierung von Kleegrasbeständen als Untersaat verhindert zudem die Notwendigkeit einer weiteren Bodenbear-beitungsmaßnahme nach der Weizenernte, so dass das Bodengefüge zusätzlich positiv beeinflusst wird. Hierdurch bietet die Fruchtfolge gegenüber dem Mais in Selbstfolge insgesamt eine bessere C-Bilanz, bei nahezu gleichen Ernteerträgen.

Literatur

Kuzyakov, Y. and G. Domanski (2000). "Carbon input by plants into the soil. Review." Journal of Plant Nutrition and Soil Science 163(4): 421-431.

Petersen, B. M., J. Berntsen, S. Hansen and L. S. Jensen (2005a). "CN-SIM—a model for the turnover of soil organic matter. I. Long-term carbon and radiocarbon development." Soil Biology and Biochemistry 37(2): 359-374.

Rees, R.M., Bingham, I.J., Baddeley, J.A., and Watson, C.A. (2005). The role of plants and land management in sequestering soil carbon in temperate arable and grassland ecosystems. Geoderma 128, 130-154.

Schuman, G. E., H. H. Janzen and J. E. Herrick (2002). "Soil carbon dynamics and potential carbon sequestration by rangelands." Environmental Pollution 116(3): 391-396.

Steingrobe, B., Schmid, H., and Claassen, N. (2000). The use of the ingrowth core method for measuring root production of arable crops - influence of soil conditions inside the ingrowth core on root growth. Journal of Plant Nutrition and Soil Science *161*, 617-622.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 112–113 (2017)

Oberirdische Biomasse und Wurzelverteilung verschiedener Weißklee-Genotypen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras und Zichorie

Juliane Streit, Catharina Meinen und Rolf Rauber

Georg-August-Universität, Department für Nutzpflanzenwissenschaften/Pflanzenbau, Göttingen
E-Mail: *juliane.streit@agr.uni-goettingen.de*

Einleitung

Die Ertragserhöhung und -stabilität von Weißklee-Weidelgras Gemengen (*Trifolium repens* L.; *Lolium perenne* L.) wird unter anderem auf komplementäre Ressourcennutzung und Kompatibilität der Arten zurückgeführt. Die Einbeziehung einer tiefwurzelnden Grünlandkultur wie Zichorie (*Cichorium intybus* L.) soll, insbesondere in Trockenperioden, zu erhöhten Erträgen führen. Um unterirdische Prozesse zu untersuchen, ist es notwendig Wurzeln verschiedener Arten zu unterscheiden. Die Artunterscheidung mittels der Fourier-Transformations-Infrarot (FTIR) Spektroskopie basiert auf der chemischen Zusammensetzung der Wurzeln. Ziel dieses Versuches ist, die folgenden Fragen zu klären:

- Welchen Effekt hat Zichorie auf die oberirdische Gesamt-Biomasse?
- Kommt es im Gemenge im Vergleich zu den Reinsaaten zu einem oberirdischen und unterirdischen Mehrertrag?
- Gibt es genotypische Unterschiede in der Wurzelmasse des Weißklees?

Material und Methoden

In einem Feldversuch (4-fach wiederholt, Spaltanlage, Aussaat 2014) am Versuchsgut Reinshof (bei Göttingen) wurden 8 Weißklee-Genotypen in Reinsaat (Tr 1-8) und Gemenge (LpN0/Tr) mit ungedüngtem Deutschen Weidelgras (LpN0) angebaut. Weitere Varianten waren: Reinsaat gedüngtes Weidelgras (LpN1), Reinsaat Zichorie (CiN0) sowie Gemenge aus Weidelgras, Weißklee Genotyp 2 und Zichorie (LpN0/Tr2/Ci). Im Juni 2015 und 2016 wurden die oberirdische Biomasse (0,25 m²) und die Wurzelmasse bis 60 cm Tiefe beprobt. Mithilfe der FTIR Spektroskopie wurde ein Modell erstellt, welches die Artanteile in den Wurzelproben der Gemenge bestimmen konnte.

Ergebnisse und Diskussion

Die oberirdische Biomasse zeigte eine hohe Abhängigkeit von Anbauvariante, Jahr und Genotyp. Im Vergleich zum Jahr 2015 sanken die Erträge im Jahr 2016 über alle Anbauvarianten gemittelt um durchschnittlich 35 % (Abb. 1). Die höchsten Erträge über beide Jahre gemittelt erreichte das 3-Arten Gemenge (LpN0/Tr2/Ci) mit ca. 4800 kg/ha, gefolgt vom Weidelgras mit Düngung (LpN1) mit 4200 kg/ha. Düngung hatte einen positiven Effekt auf die oberirdische Trockenmasse bei Weidelgras. Das 3-Arten Gemenge mit Zichorie erzielte durchschnittlich höhere Trockenmassen als das 2-Arten Gemenge. Der Anteil von Klee im 2-Arten Gemenge stieg 2016 von 26 auf 69 %. Auch der Anteil von Klee und Gras im 3-Arten-Gemenge stieg an.

Die oberirdischen Relative Yield Total (RYT) der Weißklee-Weidelgras Gemenge waren abhängig von den Weißklee Genotypen und dem Jahr. Im Mittel über alle Genotypen und beide Jahre war RYT signifikant größer als 1 (1,53) (Tabelle 1).

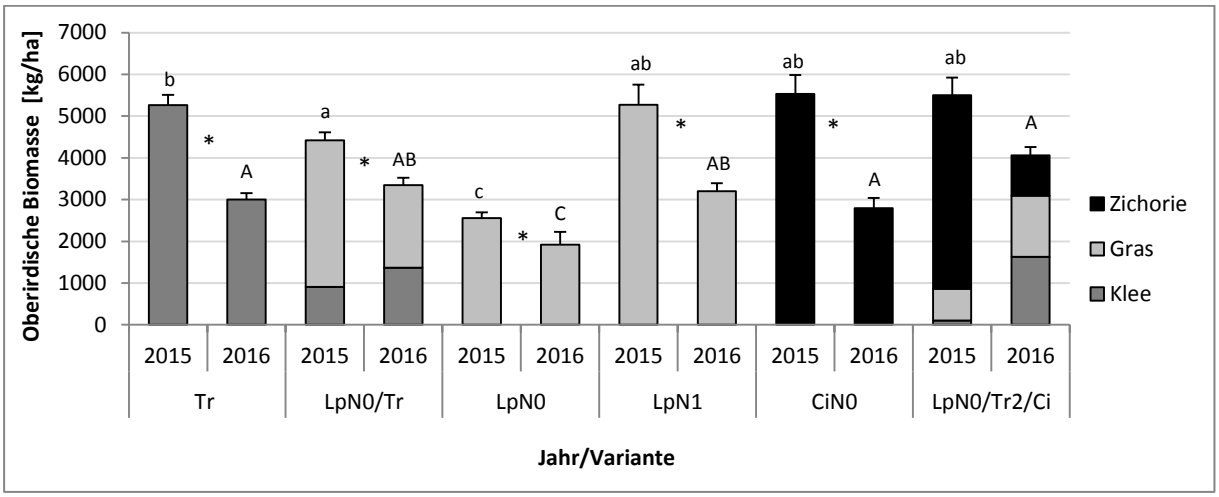


Abbildung 1 Oberirdische Biomasse [kg/ha] von 0,25 m² (Juni 2015,2016) der 6 Anbauvarianten: Tr= Weißklee Reinsaat, LpN0Tr=Weißklee-Weidelgras Gemenge, LpN1/N0=Weidelgras Reinsaat mit und ohne Düngung, CiN0=Zichorie Reinsaat, LpN0Tr2Ci=3-Arten Gemenge mit Tr2 Weißklee. Buchstaben stellen Signifikanzniveau auf p<0,05 dar. * kennzeichnen signifikanten Jahresunterschied auf p<0,05.

Dies zeigt einen Mehrertrag im Gemenge auf. Auch die RYTs der Wurzelmasse waren abhängig von den Genotypen. Das Mittel der RYT-Werte über alle Genotypen von 1,44 bestätigt einen Wurzelmehrertrag in Klee-Weidelgras Gemengen gegenüber den Reinsaaten.

Tabelle 1 Relative Yield Total oberirdisch (2015 und 2016 gemittelt) und unterirdisch (2015) der 8 verschiedenen Weißklee Genotypen im Gemenge mit Weidelgras. Mit * RYT sind signifikant größer 1 (p<0,05 Tukey-Test).

Genotyp	RYT oberirdisch (2015 & 2016)	RYT unterirdisch (2015)
Tr1LpN0	1,38 *	1,04
Tr2LpN0	1,58 *	1,49
Tr3LpN0	1,48 *	1,21 *
Tr4LpN0	1,59 *	1,54 *
Tr5LpN0	1,39 *	1,37
Tr6LpN0	1,.59 *	2,38 *
Tr7LpN0	1,43 *	1,29 *
Tr8LpN0	1,79 *	1,22
Mittel	1,53 *	1,44 *

Die summierte Wurzelmasse im Jahr 2015 von 0-60 cm war ebenfalls stark abhängig von der Anbauvariante. Höchste Wurzelmassen von durchschnittlich 5500 kg/ha erzielten Zichorie Reinsaat und das 3-Arten Gemenge (Tr2/LpN0/Ci). Über alle Genotypen gemittelt hatte Klee Reinsaat mit ca. 1200 kg/ha die niedrigsten Wurzelmassen. Im Gegensatz zur oberirdischen Biomasse konnte unterirdisch kein Effekt von Düngung auf Weidelgraswurzeln gefunden werden. Im Klee-Weidelgras Gemenge setzte sich das Gras mit 84 % Wurzelanteil durch. Im 3-Arten Gemenge hatte Zichorie den höchsten Wurzelanteil (Ci:86 %, Tr:9 %, Lp:5 %). Die vertikale Wurzelverteilung war stark von der Tiefe abhängig. Über alle Varianten wurden fast 70 % der Wurzelmasse in 0-10 cm Tiefe gefunden. In einer Tiefe von 50-60 cm fanden sich nur noch 2 % der Gesamtwurzelmasse. Klee zeigte keine signifikanten genotypischen Unterschiede in Hinblick auf die Wurzelmasse (0-60cm).

Schlussfolgerung:

- Die Einbeziehung von Zichorie wirkte sich positiv auf die oberirdische Gesamt-Biomasse aus.
- Sowohl ober- als auch unterirdisch kam es zu einem Mehrertrag.
- Es gab keine genotypischen Unterschiede in der Wurzelmasse des Weißklees.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 114–115 (2017)

Einfluss der Futterleguminosenart und der Saatzeit auf Ertrag und Qualität einzelner Schnitte 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

Bei Futterleguminosen kann der Ertrag über die Saatzeit, die Art bzw. Mischung und die Nutzung beeinflusst werden. Diese komplexen Auswirkungen wurden im deutschsprachigen Raum im ökologischen Landbau bisher wenig untersucht (z. B. Loges 1998) und wurden nun in einer Feldversuchsserie geprüft.

Material und Methoden

In den Feldversuchen wurden unterschiedliche Arten von Futterleguminosen in verschiedenen Saatzeiten auf den beiden Standorten Viehhausen (Braunerde, sL, Ackerzahl etwa 60, lj. Mittel 786 mm und 7,8 °C) und Hohenkammer (Braunerde, sL, Ackerzahl 55; lj. Mittel: 816 mm; 7,8 °C) in der Nähe von Freising, Oberbayern jeweils in einem Hauptnutzungsjahr in 2010 bis 2012 angebaut. 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).

Es handelte sich um eine dreifaktorielle zweistufige Spaltanlage (N = 3 in Viehhausen bzw. 4 in Hohenkammer). Großteilstückfaktor war Saatzeit und Nutzung, Kleinteilstückfaktor die Art. Die Futterleguminosen wurden entweder abgefahren oder gemulcht. Der Ertrag wurde nur bei Abfuhr ermittelt. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3 in drei Teilabschnitten: alle Varianten in Unter- und Stoppelsaat; alle Varianten in Blanksaat; alle Saatzeiten beim Kleegras.

Ergebnisse und Diskussion

Die Summe des TM-Ertrags fiel bei längerer Standzeit aufgrund einer höheren Anzahl an Schnitten (Untersaat 5, Stoppelsaat 4, Saat im Frühjahr 3), aber auch aufgrund eines höheren Ertrages bei einzelnen Schnitten höher aus (Tab. 1 und 3). Rotklee erzielte bei den ersten beiden Schnitten, Kleegras überwiegend bei den ersten drei Schnitten und Luzerne beim zweiten bis vierten Schnitt einen höheren TM-Ertrag bei früherer Saat. Beim vierten Schnitt war der TM-Ertrag nach Stoppelsaat mit Ausnahme bei Luzerne höher als nach Untersaat (Tab. 1).

Auf Artenebene erreichte Rotklee und Kleegras einen höheren TM-Ertrag in der Summe aller Schnitte als Luzerne und als die Mischung aus Weiß- und Gelbklee (Tab. 1). In den Einzelschnitten wurde bei letztgenannter Kleemischung mit teilweiser Ausnahme beim 1. Schnitt im Vergleich zu Rotklee und Kleegras ein geringerer Ertrag erzielt. Andererseits erzielte die Mischung aus Weiß- und Gelbklee v. a. beim

dritten und vierten Schnitt einen größeren RP-Gehalt und eine höhere Energiedichte als die anderen Leguminosen (Tab. 2). Beim Kleegras fiel der RP-Gehalt beim gewichteten Mittel, aber mit einer Ausnahme nicht in den Einzelschnitten, nach Stoppelsaat geringer aus als nach den anderen Saatzeiten (Tab. 3). Mitursache könnte ein höherer Gras- und geringerer Kleeanteil nach Stoppelsaat sein (Urbatzka et al. 2017).

Tab. 1: TM-Ertrag (dt/ha) der Schnitte + Summe, Varianten in Unter- + Stoppelsaat

Schnitt	Variante	Untersaat	Stoppelsaat	Schnitt	Variante	Untersaat	Stoppelsaat
1	Rotklee	44,9 ab A	36,2 ns B	4	Rotklee	18,3 a B	19,4 a A
	Kleegras	48,6 a A	39,6 B		Kleegras	18,0 a B	20,1 a A
	Luzerne	38,3 b NS	34,6		Luzerne	17,2 a A	15,8 b B
	WKL/GKL[1]	37,4 b NS	34,3		WKL/GKL[1]	11,1 b B	12,9 c A
2	Rotklee	50,8 a A	40,8 a B	Herbst[2]	Rotklee	29,9 a	
	Kleegras	49,7 a A	39,5 a B		Kleegras	27,6 a	
	Luzerne	45,0 a A	31,6 b B		Luzerne	22,0 b	
	WKL/GKL[1]	33,8 b NS	30,3 b		WKL/GKL[1]	22,7 b	
3	Rotklee	42,7 a A	38,8 a B	Summe	Rotklee	186,7 a A	135,3 a B
	Kleegras	38,9 b NS	37,3 a		Kleegras	182,7 a A	136,5 a B
	Luzerne	34,7 c A	25,3 b B		Luzerne	157,3 b A	107,4 b B
	WKL/GKL[1]	21,4 d NS	18,9 c		WKL/GKL[1]	126,4 c A	96,3 b B

verschiedene kleine bzw. große Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Art bzw. Saatzeit (SNK-Test, $p < 0,05$), [1] Weißklee, Gelbklee, [2] Schnitt im Ansaatjahr bei Untersaat

Tab. 2: RP-Gehalt und Nettoenergielaktation der Schnitte + Summe, Varianten in Unter- + Stoppelsaat

	RP-Gehalt (%)					MJ NEL/kg TM				
Schnitt	1	2	3	4	Mittel[2]	1	2	3	4	Mittel[2]
WKL/GKL[1]	16,3 a	20,2 a	23,6 a	25,9 a	20,3 a	6,80 a	6,27 a	6,63 [3]	6,96 a	6,62 a
Luzerne	15,9 a	19,3 a	20,7 b	24,3 b	19,2 b	6,60 b	6,06 b	6,16	6,58 b	6,31 c
Rotklee	15,6 a	17,7 b	18,3 c	22,5 c	17,9 c	6,85 a	6,19 a	6,25	6,65 b	6,44 b
Kleegras	14,2 b	16,9 b	18,3 c	22,3 c	17,2 d	6,74 a	6,08 b	6,12	6,57 b	6,35 c

Mittel aus Unter- und Stoppelsaat, verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Art (SNK-Test, $p < 0,05$), [1] siehe Tab. 1, [2] gewichtet, [3] signifikante Wechselwirkung

Tab. 3: TM-Ertrag, RP-Gehalt und Nettoenergielaktation der Schnitte und Summe beim Kleegras in Abhängigkeit der Saatzeit

	TM-Ertrag (dt/ha)			RP-Gehalt (%)			MJ NEL/kg TM		
Schnitt	US[2]	Sts[3]	Saat Fj.	US[2]	Sts[3]	Saat Fj.	US[2]	Sts[3]	Saat Fj.
1	48,6 ns	39,6	34,6	16,6 ns	11,8	13,2	6,81 a	6,67 a	6,35 b
2	49,7 a	39,5 b	37,9 b	16,9 ns	16,9	18,7	6,03 b	6,13 ab	6,25 a
3	38,9 a	37,3 a	23,0 b	18,4 b	18,1 b	20,8 a	6,10 b	6,14 b	6,44 a
4	18,0 ns	20,1		22,6 ns	22,0		6,59 ns	6,55	
S./MW[1]	182,7 a	136,5 b	95,5 c	17,8 a	16,6 b	17,5 a	6,36 ns	6,34	6,32

Mittel der Umwelten, verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Saatzeit (SNK-Test, $p < 0,05$), [1] Summe inkl. Herbstschnitt (siehe Tab. 1) bzw. gewichtetes Mittel, [2] Untersaat, [3] Stoppelsaat, Fj. = Frühjahr

Literatur

Loges R (1998) Ertrag, Futterqualität, N_2-Fixierungsleistung und Vorfruchtwert von Rotklee- und Rotkleegrasbeständen. Dissertation Universität Kiel.

Urbatzka P, Rehm A, Eckl T, Salzeder G (2017): Vergleich verschiedener Arten und Saatzeiten bei Futterleguminosen. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 40-43.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 116–117 (2017)

Schätzung der N_2-Fixierungsleistung von Sojabohnen in Süddeutschland

Benedikt Paeßens[1], Andreas F. Butz[1] und Peer Urbatzka[2]

[1] Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg/Referat 11 - Pflanzenbau, Rheinstetten-Forchheim; [2] Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft/Institut für Agrarökologie, Freising.
E-Mail: *benedikt.paessens@ltz.bwl.de*

Einleitung

In den vergangenen Jahren ist die Sojabohnenanbaufläche in Deutschland deutlich angestiegen. Wesentliche Impulse stammen vom Bund und den Bundesländern. Die Anerkennung der Sojaanbaufläche als Ökologische Vorrangfläche und die Förderung über spezielle Förderprogramme der Länder für fünffeldrige Fruchtfolgen sind ebenfalls entscheidend. Das Ziel der Eiweißstrategie ist es, den Import von eiweißhaltigen Futtermitteln zu reduzieren. Dafür ist neben der Förderung des Anbaus von eiweißhaltigen Kulturen deren Wirtschaftlichkeit für Landwirtinnen und Landwirte von Wichtigkeit. In dieser Hinsicht können die Leguminosen, über die biologische N_2-Fixierung eine interessante Rolle spielen, wenn der monetäre Wert des Stickstoffs, der einer Nachfrucht zur Verfügung steht, den Leguminosen in der Fruchtfolge wirtschaftlich zugerechnet wird. Daher wird in einem Gemeinschaftsprojekt des Landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg und der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft zunächst im konventionellen und ökologischen Anbau die N_2-Fixierungsleistung der Sojabohne im Vergleich zur Erbse ermittelt und im Anschluss der Vorfruchtwert dieser beiden Kulturen anhand der Nachfrucht Winterweizen bestimmt.

Material und Methoden

In einer vierfach wiederholten Blockanlage wurde an drei Standorten in Baden-Württemberg (Rheinstetten-Forchheim (konv.), Forchheim am Kaiserstuhl (ökol.)) und Bayern (Hohenkammer (ökol.)) die N_2-Fixierungsleistung abgeleitet. Dazu wurden an jedem Standort zwei Sorten Sojabohnen (Merlin und ES Mentor) sowie zwei Erbsensorten (Respect (konv.), Alvesta (konv., ökol.) und Salamanca (ökol.)) angebaut. Die Ermittlung der N_2-Fixierungsleistung erfolgte über die erweiterte Differenzmethode (Gleichung 1) nach Stülpnagel (1982) mit der Erweiterung III für den Blattfall nach Hauser (1987).

$$N_{fix} = (N_{Korn} + N_{Spross} + N_{min} + N_{Blattfall})_{Leguminose} - (N_{Korn} + N_{Spross} + N_{min} + N_{Blattfall})_{Referenzfrucht} \quad \text{(Gleichung 1)}$$

Für die Bestimmung der N_2-Fixierungsleistung wird eine nicht-legume Referenzfrucht benötigt, die nicht mit Stickstoff gedüngt wird. Für die Sojabohnensorten wurden zwei Silomaissorten (Saludo, Ronaldinio) ausgewählt und für die Erbsensorten wurden als Referenzfrüchte Sommergerste (Grace) in Baden-Württemberg und Hafer (Aragon) in Bayern verwendet. Sämtliche für die Auflösung der Gleichung erforderlichen Werte wurden erhoben. Am Standort Rheinstetten-Forchheim wurde der Versuch bei Bedarf bewässert. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe ein gemischtes, hierarchisches Modell in SAS proc mixed. Die Versuche wurden im Rahmen des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft geförderten Projektes „Optimierung des Anbaus von Sojabohnen – Bestimmung des

Vorfruchtwerte und der N_2-Fixierungsleistung sowie Reduzierung der Bodenbearbeitung“.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestimmung der N_2-Fixierungsleistung ergab an den drei Standorten unterschiedliche Werte (Tabelle 1), die sich auf den beiden ökologisch bewirtschafteten Standorten zwischen den Jahren unterschieden. Am Standort Rheinstetten-Forchheim mit Bewässerung unterscheidet sich die Höhe der N_2-Fixierungsleistung zwischen den Jahren statistisch nicht. Eine ausreichende Wasserversorgung scheint demnach für die N_2-Fixierungsleistung besonders wichtig zu sein. Auf den anderen beiden Standorten fiel die N_2-Fixierungsleistung im Jahr 2015 vermutlich wegen der starken Trockenheit deutlich geringer aus als 2016. Im Jahr 2015 könnte die N_2-Fixierungsleistung am Standort Hohenkammer zusätzlich durch einen Befall mit Blattrandkäfern beeinträchtigt worden sein. Am gleichen Standort konnten die N_{min}-Proben nach der Ernte der Erbsen im Jahr 2016 verzögert genommen werden mit der Möglichkeit einer leichten Verfälschung der N_2-Fixierungsleistung. In Rheinstetten-Forchheim gibt es keine Unterschiede zwischen Erbsen und Sojabohnen. Bei den ökologischen Versuchen haben die Erbsen in Hohenkammer in beiden Jahren niedrigere N_2-Fixierungsleistungen als die Sojabohnen. In Forchheim am Kaiserstuhl war dies nur im Jahr 2016 so. Ein Grund hierfür könnte sein, dass die Trockenheit die Erbsen an diesem Standort nicht so stark betroffen hat, wie die Sojabohnen, die deutlich später geerntet wurden. Allerdings kann von der N_2-Fixierungsleistung nicht auf den Ertrag oder den Vorfruchtwert geschlossen werden. Die Frage des Vorfruchtwertes wird in einem anderen Versuchsteil geklärt.

Tabelle 1: N_2-Fixierungsleistung [kg N ha^{-1}] von Sojabohnen (Merlin, ES Mentor) und Erbsen (Alvesta, Respect, Salamanca) ermittelt mit der erweiterten Differenzmethode.

	Rheinstetten-Forchheim (konv.)		**Forchheim am Kaiserstuhl (ökol.)**		**Hohenkammer (ökol.)**	
Sorte	**2015**	**2016**	**2015**	**2016**	**2015**	**2016**
Merlin	145 ^{a}	144 ^{a}	35 ^{c}	200 ^{a}	194 ^{b}	198 ^{b}
ES Mentor	155 ^{a}	168 ^{a}	88 ^{bc}	219 ^{a}	165 ^{b}	269 ^{a}
Alvesta	184 ^{a}	160 ^{a}	99 ^{bc}	154 ^{ab}	97 ^{cd}	132 ^{c}
Respect	184 ^{a}	176 ^{a}	----------	----------	----------	----------
Salamanca	----------	----------	111 ^{bc}	156 ^{ab}	80 ^{d}	133 ^{c}

Die Buchstaben geben signifikante Unterschiede am jeweiligen Standort über beide Jahre an (Tukey, $\alpha < 0,05$).

Literatur

Stülpnagel R. (1982) Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. Journal Agronomy and Crop Science 151: 446-458.

Hauser S. (1987) Schätzung der symbiotisch fixierten Stickstoffmenge von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit erweiterten Differenzmethoden. Dissertation Universität Göttingen

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 118–119 (2017)

Einfluss der Aussaatstärke von Soja auf Bestandes- und Ertragsparameter

Joachim Raupp und Andreas F. Butz

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ), Außenstelle Forchheim, 76287 Rheinstetten-Forchheim Mail: *andreas.butz@ltz.bwl.de*

Einleitung

Im Sojaanbau sind die Saatgutkosten ein erheblicher Kostenfaktor. Daher wird in der Praxis die Frage der optimalen Saatstärke immer wieder diskutiert. Um Ertragsverluste beim Mähdrusch zu vermeiden, wird eine möglichst hohe Ansatzhöhe der untersten Hülse angestrebt. Um einen Konflikt zwischen beiden Zielen zu vermeiden, sollte ein Optimum von Ertrag, Saatstärkenreduktion und Hülsenansatzhöhe ermittelt werden. Deshalb wurde der Zusammenhang zwischen Saatstärke, Habitus, Kornertrag und Qualität von Soja auf drei Standorten in Baden-Württemberg mehrjährig untersucht. Hierbei soll die Versuchsfrage: Wie ist die optimale Saatstärke hinsichtlich Ertrag, Qualität und Hülsensansatzhöhe bei Sojabohnen in Gunst- und Grenzlagen in Baden-Württemberg, geklärt werden.

Material und Methoden

Auf den Versuchsfeldern in Östringen (Kraichgau), Müllheim (Breisgau) und Tailfingen (Schwäbische Alb) wurden in den Jahren 2014-16 Feldversuche mit den Faktoren Sorte (*Sultana*, *Pollux*, *Primus*) und Saatstärke (70, 55, 40 kK m^{-2}) als randomisierte Blockanlage mit 3 Wiederholungen angelegt. Die Bestandesdichte, die Höhe des ersten Hülsenansatzes und die Pflanzenlänge wurden ermittelt. Am Erntegut wurden der Ertrag, Proteingehalt, TS-Gehalt und die TKM bestimmt. Herbizide wurden nach Praxisempfehlungen eingesetzt. Die Versuchsauswertung erfolgte mit SAS als gemischtes Model. Nach einem signifikanten F-Test wurde ein t-Test durchgeführt. Signifikante Unterschiede ($p<0,05$) sind mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Von den 9 Anbausituationen (3 Standorte und 3 Jahre) gab es in 5 Fällen signifikante Ertragsunterschiede, wobei jeweils die niedrigste Saatstärke den geringsten Ertrag lieferte (Tab. 1). Die mittlere und die höchste Saatstärke unterschieden sich dagegen in allen 5 Fällen nicht signifikant. Dies bestätigt, dass die Absenkung der Aussaat von 70 auf 55 kf K. /m² praktikabel ist, ohne Ertragsverluste befürchten zu müssen. Die weitere Reduzierung auf 40 kf K/m² führt aber mit großer Wahrscheinlichkeit zu weniger Ertrag.

Die Saatstärke hatte keine relevante Bedeutung für die Höhe des untersten Hülsenansatzes an den Pflanzen. Auf dem Standort Odenheim beispielsweise hatte die Saatstärke in allen 3 Jahren die Erträge signifikant beeinflusst, obwohl die Hülsenansatzhöhe nur in der Größenordnung von 1 cm (oder weniger) schwankte. An den beiden anderen Standorten schwankte die Hülsenansatzhöhe in der Größenordnung von 1,3 – 3,9 cm, ohne dass hierdurch signifikante Ertragsunterschiede zu beobachten waren. Es ist jedoch zu beachten das die Ernte mit Parzellenmähdruschtechnik erfolgte, und in der Praxis ein etwas größerer Effekt auf den Ertrag eintreten könnte. Mit der heute verfügbaren Erntetechnik scheint

dieses Merkmal jedoch weniger ertragsentscheidend wie vor 20 Jahren. Damals wurde eine Mindesthöhe von 22 cm angesetzt, um Ernteverluste auf 5 dt ha^{-1} begrenzen zu können (Stock et al., 1996).

Von den 9 Anbausituationen zeigten immerhin 4 Fälle, also fast die Hälfte, keine sicheren Ertragsunterschiede. Offenbar wird der Sojaertrag häufig von anderen Einflüssen weit stärker bestimmt, als von der Saatstärke bzw. Bestandesdichte. Hierbei ist vor allem an die Wasserversorgung der Pflanzen zu denken.

Tab. 1: Erträge [dt/ha bei 86% TM] und Höhe des ersten Hülsenansatzes (cm) in den Jahren 2014-16 mit den drei Saatstärken*

		Müllheim		**Odenheim**		**Tailfingen**	
Jahr	**Saatstärke [kf K./m²]**	**Ertrag [dt/ha]**	**Hülsen-ansatzhöhe [cm]**	**Ertrag [dt/ha]**	**Hülsen-ansatzhöhe [cm]**	**Ertrag [dt/ha]**	**Hülsen-ansatzhöhe [cm]**
2014	70	44,0	14,2	31,3a	8,8	29,6a	10,4
	55	**42,0**	**12,9**	**30,2a**	**8,3**	**28,3a**	**9,1**
	40	41,0	11,5	28,2b	8,4	23,2b	9,4
2015	70	24,0	12,9	23,4ab	8,5	45,2	9,6
	55	23,3	9,0	25,6a	9,8	44,9	11,2
	40	23,0	9,4	21,1b	9,5	42,9	11,7
2016	70	32,7a	9,0	33,7a	9,4	36,8	10,8
	55	32,3a	9,1	31,2ab	9,5	41,0	11,2
	40	31,1b	11,3	30,0b	8,4	41,3	8,3

*Signifikanzkennzeichnung gilt jeweils innerhalb eines Standortes und Jahres

Unsere Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass die Saatstärke bis auf etwa 55 kf K/m² abgesenkt werden kann, um das gleiche Ertragsniveau zu realisieren wie mit höherer Saatstärke. Unabhängig von der Saatstärke sollte der Mähdrusch immer sehr sorgfältig ausgeführt werden, denn die Bestandesdichte im hier betrachteten Bereich wirkt sich offenbar bei heutigen Sorten nur geringfügig auf die Höhe des untersten Hülsenansatzes aus.

Literatur

Stock, H.-G.; Warnstorff, K.; Kazmi, M. (1996) Analyse der Ertragsstruktur von Sojabohnen (*Glycine max* [L.] Merr.) auf einem Standort im mitteldeutschen Trockengebiet. Die Bodenkultur **47**, 23-33

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 28: 120–123 (2017)

Climate management interactions affect the long term trend of crop phenology

Ehsan Eyshi Rezaei[1], Stefan Siebert[1] und Frank Ewert[1,2]

[1] Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany, E-Mail: eeyshire@uni-bonn.de; [2] Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Institute of Landscape Systems Analysis, D-15374 Müncheberg, Germany

Introduction

The development rate of plants is sensitive to temperature. Therefore, change in phenology is considered as one of the most important bio-indicators of climate change (He et al., 2015). The flowering time of European plant species, for example, advanced between 4 to 5 days per degree Celsius increase in temperature (Bertin, 2008). Long term trends in the phenology of annual crops is not the only a function of temperature change but respond also to change in crop management (Craufurd and Wheeler, 2009). For instance, earlier sowing dates lengthened the growing period of maize in China by 4 to 21 days (Liu et al., 2013a). Introduction of the new cultivars of wheat and rice with higher thermal requirements prolonged the growth season length in the period 1981-2009 and compensated for the advancement in crop phenology under climate change (Bai et al., 2016). However, to discriminate changes in crop phenology due to climate change and management (sowing date, cultivar choice) is challenging, in particular for winter crops which require vernalization and are sensitive to photoperiod. Crop growth models are widely used to assess the effects of climate change on crop yield and could be the suitable tools to study the combined effects of climate and management on crop phenology (White et al., 2011). However, crop models used for climate impact assessments are often parameterized for the current management conditions ignoring long-term trends in sowing dates and cultivar properties. Little is known how much the warming signal detected in long-term phenological observations is disturbed by impacts from changed crop management and whether the influence of changes in management can be generalized for different crop species. The aims of the study are (a) to quantify and compare the response of crop phenology to combined changes in climate and management for winter rapeseed (*Brassica napus* L.) and winter rye (*Secale cereale* L.) and (b) to investigate the effects of change in cultivars on phenology simulated by a model for both crops across Western Germany for period 1960-2013.

Materials and methods

Processing of climate and phenological data: Daily mean temperature at 1 km x 1 km resolution was generated by combining daily observations for ~1100 weather stations and interpolated grids of monthly mean temperature obtained from the WebWerdis portal of the German Meteorological Service (DWD) for the period 1960 to 2013 (Zhao et al., 2015). The phenological observations of winter rapeseed and winter rye including sowing, emergence, heading (winter rye), flowering (winter rapeseed), and yellow ripeness (winter rye) were obtained from the phenological observation network of the German Meteorological Service for the period 1960 to 2013 across Western Germany (Kaspar et al., 2015). Observations of the maturity date of winter rapeseed were only available since 1992. The phenological observations were interpolated to 1 km × 1 km resolution by using a modified inverse distance weighting method to consider the spatial variability in temperature and day length between the observation points (Rezaei et al., 2015, Figure 1). The interpolation procedure was conducted to fill data gaps caused by the varying density of observations in space and time and the lack of locations with

complete observations for period 1960-2013. Non-cropland areas were filtered out by using the Corine cropland mask (EEA, 2009).

Phenology modeling: The flowering and heading time of winter rapeseed and winter rye were modeled by using the modeling platform SIMPLACE. The crop phenology component of the model (SIMPLACE<LINTUL2>) was used to simulate flowering and heading time of winter rapeseed and winter rye considering effects of temperature, vernalization and photoperiod on the development rate (Zhao et al., 2015). Accounting for vernalization and photoperiod was important to eliminate the effect of inter-annual temperature variability on cultivar specific temperature sums.

Modeling experiment: The crop model was calibrated based on phenology observations for the last 10 years of the study period which represents the general procedure in climate change impact assessments. The calibrated crop model was then applied to simulate the flowering and heading time of winter rapeseed and winter rye for the period 1960-2013, respectively. The day of emergence was adjusted for each single grid cell (1 km × 1 km) and year according to the phenology observations.

Trend analysis: Trends of the observed and simulated phenological stages and mean temperature during the vegetative and reproductive of both crops were analyzed by using a segmented, piecewise linear regression. A single break point was estimated in the time series by maximizing the combined R^2 of the two linear regression estimates prior and after the breakpoint. The trend of the simulated observed and phenology was compared by linear regression to mimic the impact assessment studies. To avoid that the strong inter-annual variability in crop phenology resulted in artificial break points close to the beginning or the end of the study period, we only accepted the break points in the period between 1970 to 2003.

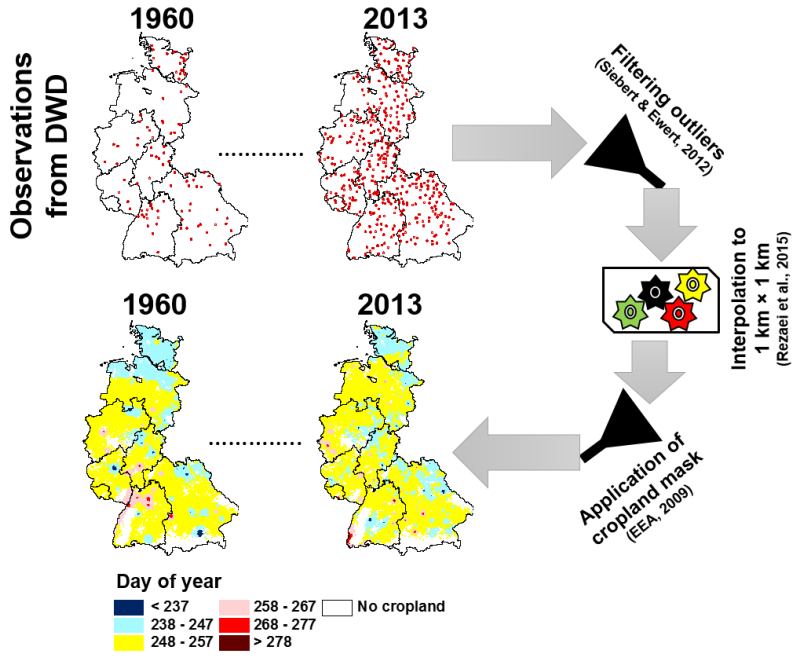


Figure 1. Representation of the data processing procedure to generate interpolated grids of phenological observations. The example shows emergence of winter rapeseed. The procedure was repeated for all phenological events of winter rapeseed and winter rye and each year in the period 1960-2013 (Eyshi Rezaei et al., 2017).

Results and discussion

Trend analysis of observed phenology: Break points were detected in years 1977 and 1978 in the time series for the length of the vegetative (emergence to heading/flowering) period of winter rapeseed and winter rye, respectively. The length of the vegetative phase showed a strong decline after the break point for winter rapeseed (-5 days per decade) and a smaller negative trend (-1 days per decade) for winter rye (Figure 2a) similar to the increasing trend in mean temperature (0.4 °C per decade) found for the

study region (data not shown). The length of reproductive (heading/flowering to yellow ripeness/maturity) phase of winter rye has shortened by 5 and 1 days per decade before and after break point (1977), respectively (Figure 2a). In contrast, the reproductive phase of winter rapeseed showed an increasing trend (2 days per decade) in the period 1992-2013 (Figure 2a), which indicates modifications in cultivar properties over-compensating the effects of the warming trend on the length of the reproductive phase of winter rapeseed. There is a clear spatial pattern with earliest observations of heading and flowering in the lowlands of the inland valleys such as the Rhine valley (Figure 2b), intermediate heading and flowering days in the areas close to the sea and the latest occurrence found for the cooler mountain areas across Western Germany (Figure 2b).

Comparison of simulated and observed phenology: The crop model, calibrated by using observations for the last 10 years of the study period, was only able to reproduce ~50% of the long term trend observed for flowering of winter rapeseed in the period 1960-2013 (Figure 3a). However, the crop model reproduced well the trend towards earlier heading observed for winter rye in the study period (Figure 3a). This finding suggests modifications of rape seed cultivars with the aim to shorten the vegetative phase but no changes of rye cultivars with regard to their phenological properties. We compared the detected change in cultivars properties of both crops with data obtained from annual reports of the German Federal Office of Plant Varieties for the period 1973-2013. The flowering/heading is classified in these reports for specific cultivars on a scale ranging from 1 (very early) to 9 (very late). Class 5 represents the mean over all cultivars that are registered for use in Germany in a specific year. We weighted the class value of each cultivar by the seed production area to put higher weight on the most used cultivars (Eyshi Rezaei et al., 2017). The weighted class values for flowering of winter rapeseed were consistently lower than 5 since 1987 and reached a value of almost 3 in 2013 (Figure 3b). Introducing of early flowering and late ripening cultivars was suggested as an effective breeding strategy to maximize the crop yield in winter rapeseed (Habekotte, 1997). On the other hand, the weighted class values for winter rye have been close to 5 for heading during the whole period 1973 to 2013 (Figure 3b). Based on our results the change in climate is not the only factor to explain the change in phenology trend and long term change in management need to be considered in impact assessments. We conclude that because of the differences in the change of the phenological development and in the factors determining these changes for the two crops winter rapeseed and winter rye findings for specific crops should not be generalized. Instead, crop specific analysis is required as a basis for climate impact studies.

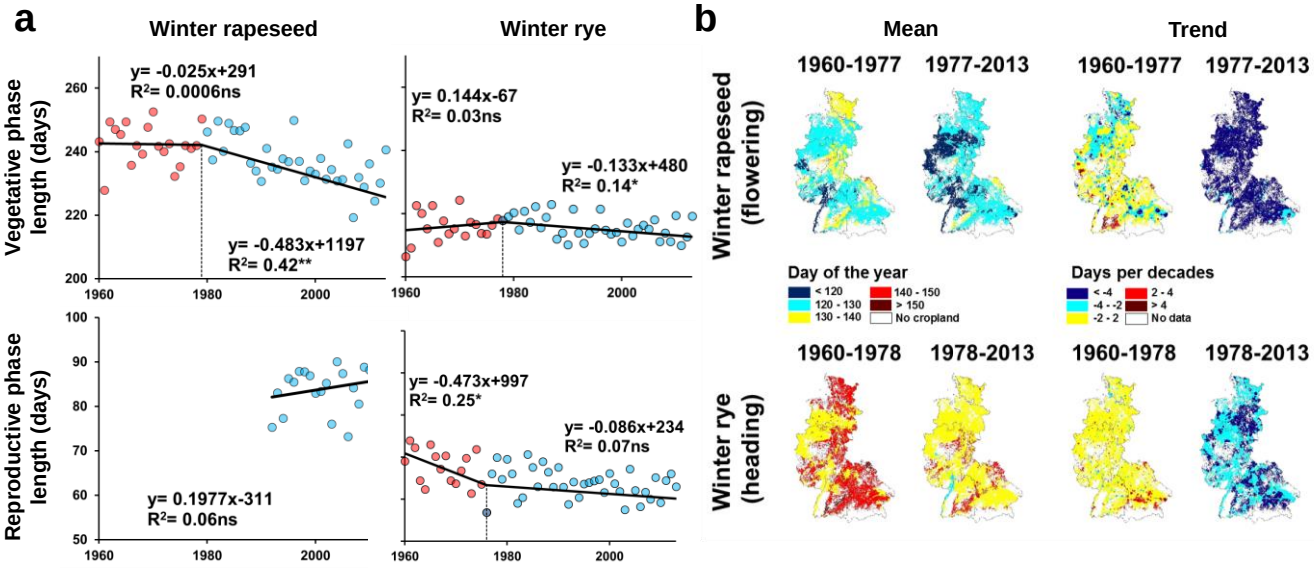


Figure 2. Piecewise, linear trends in the length of the vegetative and reproductive phases of winter rapeseed and winter rye (a) for the period 1960-2013 and the Spatial patterns (b) in day of flowering and heading for the periods 1960-1977/1978 and 1977/1978-2013 at 1 km × 1 km resolution across Western Germany. Dash line = estimated break point, ns = non-significant trend, *, ** and *** = significance at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively (Eyshi Rezaei et al., 2017).

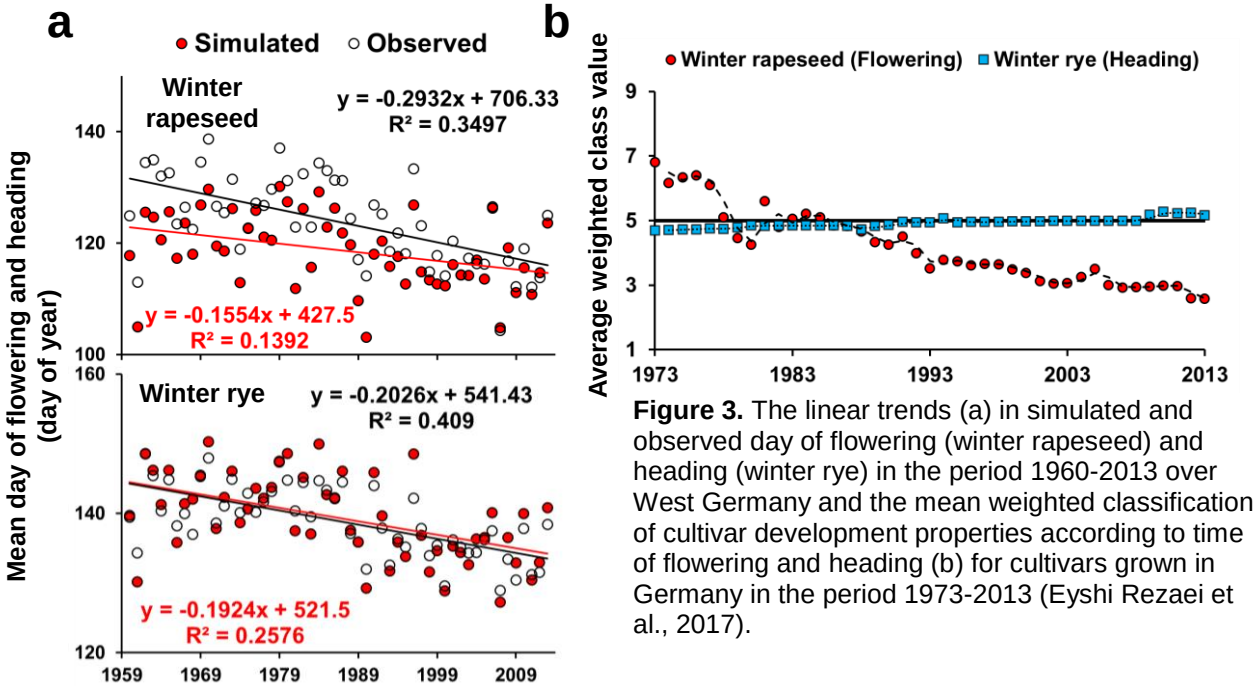


Figure 3. The linear trends (a) in simulated and observed day of flowering (winter rapeseed) and heading (winter rye) in the period 1960-2013 over West Germany and the mean weighted classification of cultivar development properties according to time of flowering and heading (b) for cultivars grown in Germany in the period 1973-2013 (Eyshi Rezaei et al., 2017).

References

Bai, H., Tao, F., Xiao, D., Liu, F., Zhang, H., 2016. Attribution of yield change for rice-wheat rotation system in China to climate change, cultivars and agronomic management in the past three decades. Clim. Change 135, 539–553. doi:10.1007/s10584-015-1579-8

Bertin, R.I., 2008. Plant Phenology and Distribution in Relation to Recent Climate Change. J. Torrey Bot. Soc. 135, 126–146. doi:10.3159/07-RP-035R.1

Craufurd, P.Q., Wheeler, T.R., 2009. Climate change and the flowering time of annual crops. J. Exp. Bot. 60, 2529–2539. doi:10.1093/jxb/erp196

EEA, 2009. EEA [WWW Document]. Corine L. Cover 2006 raster data. Eur. Environ. Agency. URL http://www.eea.europa.eu/de (accessed 5.13.12).

Eyshi Rezaei, E., Siebert, S., Ewert, F., 2017. Climate and management interaction cause diverse crop phenology trends. Agric. For. Meteorol. 233, 55–70. doi:10.1016/j.agrformet.2016.11.003

Habekotte, B., 1997. Options for increasing seed yield of winter oilseed rape (Brassica napus L.): a simulation study. F. Crop. Res. 54, 109–126. doi:10.1016/S0378-4290(97)00041-5

He, L., Asseng, S., Zhao, G., Wu, D., Yang, X., Zhuang, W., Jin, N., Yu, Q., 2015. Impacts of recent climate warming, cultivar changes, and crop management on winter wheat phenology across the Loess Plateau of China. Agric. For. Meteorol. 200, 135–143. doi:10.1016/j.agrformet.2014.09.011

Kaspar, F., Zimmermann, K., Polte-Rudolf, C., 2015. An overview of the phenological observation network and the phenological database of Germany's national meteorological service (Deutscher Wetterdienst). Adv. Sci. Res. 11, 93–99. doi:10.5194/asr-11-93-2014

Liu, Hubbard, K.G., Lin, X., Yang, X., 2013a. Negative effects of climate warming on maize yield are reversed by the changing of sowing date and cultivar selection in Northeast China. Glob. Chang. Biol. 19, 3481–3499. doi:10.1111/gcb.12324

Liu, Wang, E., Zhu, Y., Tang, L., Cao, W., 2013b. Effects of warming and autonomous breeding on the phenological development and grain yield of double-rice systems in China. Agric. Ecosyst. Environ. 165, 28–38. doi:10.1016/j.agee.2012.11.009

Rezaei, E.E., Siebert, S., Ewert, F., 2015. Intensity of heat stress in winter wheat—phenology compensates for the adverse effect of global warming. Environ. Res. Lett. 10, 24012. doi:10.1088/1748-9326/10/2/024012

White, J.W., Hoogenboom, G., Kimball, B.A., Wall, G.W., 2011. Methodologies for simulating impacts of climate change on crop production. F. Crop. Res. 124, 357–368. doi:10.1016/j.fcr.2011.07.001

Zhao, G., Siebert, S., Enders, A., Rezaei, E.E., Yan, C., Ewert, F., 2015. Demand for multi-scale weather data for regional crop modeling. Agric. For. Meteorol. 200, 156–171. doi:10.1016/j.agrformet.2014.09.026

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 28: 124–127 (2017)

Die Zuckerrübe im Klimawandel – Analyse agrarökologischer Auswirkungen in Südwestdeutschland

Pascal Kremer

Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortlehre, Stuttgart
E-Mail: *Pascal.Kremer@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Im Untersuchungsgebiet, welches sich über die südlichen Landesteile von Rheinland-Pfalz und Hessen erstreckt, ist im Zeitraum 1881-2014 ein Temperaturanstieg von 1,4°C feststellbar (REITER 2015). Zudem ändert sich das Niederschlagsregime hin zu im Mittel trockeneren Sommern und feuchteren Wintern (MULEWF 2007). Sich verändernde Witterungsverläufe wirken sich auf sämtliche Aspekte des Produktionsablaufes der Zuckerrübe von der Aussaat über die Jugendentwicklung und die Hauptwachstumsphase bis hin zur Ernte aus. Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe werden von sich ändernden Witterungsverläufen in ihrer Epidemiologie ebenfalls beeinflusst. Im Rahmen des Beitrags werden die bedeutendsten witterungsabhängigen Komponenten des Faktorenkomplexes Ertragsleistung zunächst retrospektivisch untersucht. Auf Basis der in der Vergangenheit empirisch festgestellten Wirkzusammenhänge wird anschließend ein möglicher zukünftiger Entwicklungspfad anhand von Klimaprojektionsdaten aufgezeigt.

Material und Methoden

Zunächst wurden die Zusammenhänge zwischen Ertragsbildung und Jahreswitterungsverlauf korrelationsanalytisch unter Zuhilfenahme der Methode der ‚Züchtungsfortschrittsbereinigung' (KREMER 2016) ermittelt.

Zur Analyse der Auswirkungen des Klimawandels auf die Jugendentwicklung der Zuckerrübe wurden die Feldbücher der ‚Arbeitsgemeinschaft Zuckerrübe Südwest' 1974-2014 herangezogen. Es wurden die Aussaat- (n=295), Feldaufgang- (FA; n=284) und Reihenschlusstermine (RS; n=32) ausgewertet. Für die Dauer zwischen Aussaat-FA sowie Aussaat-RS wurden auf Grundlage von interpolierten 1x1 km INTERMET Klimadaten unter Berücksichtigung der Basistemperatur für Zuckerrübenwachstum von 3°C (WERKER & JAGGARD 1997) das Feldaufgangsmodel EMPRED (EMergence PREDiction) sowie das Reihenschlussmodell CLOSPRED (row CLOSure PREDiction) abgeleitet.

Mithilfe der Prognosemodelle CERCBET1 (JÖRG & RACCA 2000), ERYBET1, URUBET1, und RAMUBET1 (RACCA et al. 2010) wurde eine Risikoanalyse hinsichtlich des zukünftigen räumlichen und zeitlichen Auftretens der Cercospora-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*), des echten Mehltaus (*Erysiphe betae*), der Ramularia-Blattfleckenkrankheit (*Ramularia beticola*) sowie des Rübenrosts (*Uromyces betae*) auf 1% (Erstauftreten) und 50% (Aufruf zur Feldkontrolle) der Schläge im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Im Rahmen der vorliegenden Ausarbeitung werden die Ergebnisse hinsichtlich der Cercospora-Blattfleckenkrankheit, der regional bedeutendsten Zuckerrübenblattkrankheit, dargestellt. Der projizierte Befallsverlauf wurde mit einem Blattwachstumsmodell abgeglichen, um mögliche Änderungen in der Rübe-Pathogen-Interaktion zu untersuchen.

Zur Folgenabschätzung des regional ertragsrelevantesten bodenbürtigen Schädlings, dem Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*), wurde mithilfe eines Temperatursummenmodells die potentielle Anzahl abgeschlossener Generationen ermittelt. Für den Abschluss einer Generation ist eine Bodentemperatursumme in 10-20 cm Tiefe von ca. 465°Cd zu einer Basistemperatur von 8°C nötig (CURI & ZMORAY 1966).
Die skizierten Wirkmodelle wurden mit Tageswertdatensätzen mit einer räumlichen Auflösung von 10x10 km (n=150) des **RE**gionalen Klima**MO**dells (REMO) unter Annahme des SRES-Emissionsszenarios A1B (NAKICENOVIC & SWART 2000) betrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Über die Niederschlagssumme Juni-September, der Hauptwachstumsphase der Zuckerrübe, kann regional der größte Anteil der Ertragsvarianz aufgeklärt werden (Bsp. Mainz: 76 % im Zeitraum 1991-2012). Korrelationsanalytisch konnte bezogen auf die Tagesmitteltemperatur ein oberer Grenzwert für optimales Zuckerrübenwachstum von 19 °C bzw. bezüglich der Tagesmaximumtemperatur von 26 °C abgeleitet werden. Als Basistemperatur für Zuckerrübenwachstum wurde der Literaturwert von 3 °C bestätigt (WERKER & JAGGARD 1997). Beispielsweise werden durch die Tagesmitteltemperatursumme April-Oktober ≥3 °C ≤19 °C in Germersheim 56 % der Ertragsvarianz aufgeklärt.
Die als maßgeblich ertragsbeeinflussend festgestellten Witterungsparameter haben sich im Betrachtungszeitraum positiv für das regionale Zuckerrübenwachstum entwickelt. Im Untersuchungsgebiet weisen die vom Züchtungsfortschritt bereinigten Ertragsdatenreihen der Jahre 1991-2012 in sämtlichen analysierten administrativen Einheiten eine steigende Tendenz auf. Die klimatischen Veränderungen haben einen Teil zum vergangenen Ertragsanstieg beigetragen. Für die Zukunft wird eine tendenzielle Abnahme der Niederschlagssumme während der Hauptwachstumsphase projiziert. Auch für die Temperatursumme für optimales Zuckerrübenwachstum zwischen April und Oktober wird eine Abnahme projiziert (vgl. Abb.). Eine Verlagerung des Anbaus auf Flächen mit höherer Speicherkapazität für pflanzenverfügbares Wasser und damit einem höheren Pufferpotential während Trockenperioden sowie die Verlagerung in höher gelegene Teilbereiche des Untersuchungsgebietes sind denkbare Adaptationsstrategien. Beide Maßnahmen können die Klima-Resilienz des Zuckerrübenanbaus im Untersuchungsraum erhöhen.
Der Aussaattermin der Zuckerrübe hat sich im Feldversuchswesen im Zeitraum 1974-2014 tendenziell um 7,7 Tage vorverlagert, in einzelnen Praxisbetrieben sogar um 14 Tage, bei unveränderter Jahr zu Jahr Schwankung. Auch bezogen auf das Erreichen des FA und des RS konnte eine Vorverlagerung um 14,3 bzw. 19,6 Tage festgestellt werden. Im Mittel wird FA nach 127°Cd, RS nach 783°Cd erreicht, was im Wertebereich vergleichbarer Untersuchungen liegt (HOFFMANN 1997; SCOTT & JAGGARD 2000). Die Dauer zwischen Aussaat und FA hat sich von 23,1 auf 16,4 Tage verkürzt. Die skizzierten Tendenzen sind hauptsächlich auf die feststellbare Erhöhung der Frühjahrstemperatur, die das Zuckerrübenwachstum speziell in der Vor- und Nachauflaufphase positiv beeinflusst, zurückzuführen. Auch für die Zukunft wird eine weitere Verfrühung des FA und RS bei gleichbleibender Spätfrostgefahr mit Vorverlagerung des Saattermins projiziert. Bei Aussaat am 15. März wird für die nahe Zukunft (2021-2050) FA am 7. April, RS am 7. Juni projiziert. Für die ferne Zukunft (2071-2100) wird eine Verfrühung des FA um 5 Tage auf den 2. April, für den

RS um 9 Tage auf den 29. Mai simuliert, was Vorteile für die Ertragsbildung der Zuckerrübe durch das frühere Erreichen des optimalen Blattflächenindex von 3,5 hätte (vgl. Abb.).
Vom skizzierten Temperaturanstieg profitieren jedoch auch Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe. Bereits in der Vergangenheit konnte ein Anstieg des Behandlungsindex für Fungizide in Zuckerrüben festgestellt werden. Hierfür werden klimatische Veränderungen mit verantwortlich gemacht (RICHERZHAGEN 2013). Für die Zukunft wird im Mittel eine Verfrühung des epidemiologischen Verlaufs der Cerospora-Blattfleckenkrankheit projiziert. In der nahen Zukunft wird das Erstauftreten (CERCO1) im Mittel am 25. Juni, der Aufruf zur Feldkontrolle (CERCO50) am 24. Juli projiziert, was bereits einer Verfrühung um 4 bzw. 6 Tage im Vergleich zur Referenzperiode 1971-2000 entspricht. In der fernen Zukunft wird CERCO1 im Mittel am 9. Juni und CERCO50 am 6. Juli projiziert (vgl. Abb.). Von der projizierten Temperaturerhöhung würde jedoch auch das Blattwachstum der Zuckerrübe profitieren, was auch die Ergebnisse der Blattwachstumsmodellierung zeigen. Beim Vergleich der Modellrechnungen zeigt sich jedoch eine asynchrone Verschiebung der untersuchten Blattwachstumsstadien zum Krankheitsauftreten, sodass in Zukunft möglicherweise in früheren Wachstumsstadien Blattpilzbefall auftritt. Konsequenz könnte eine Erhöhung der Fungizidanwendungen sein. An Einspar- und Optimierungsmöglichkeiten sollte weiter geforscht werden.
Regional kann *Heterodera schachtii* unter den aktuell vorherrschenden klimatischen Verhältnissen potentiell 3-4, in Ausnahmejahren 5 Generationszyklen durchlaufen. Für die nahe Zukunft wird mit 3,7 Generationen eine ähnliche Größenordnung projiziert, die in der fernen Zukunft auf 4,8 Generationen pro Jahr ansteigen könnte. Aufgrund der exponentiellen Zuwachsrate der absoluten Individuenzahl ist jedoch entscheidend, wie häufig die 4. Generation lebensfähig abgeschlossen werden kann. Dies ist im 30-Jahreszeitraum der nahen Zukunft in 7, in der fernen Zukunft in 29 Jahren potentiell möglich. Im Kontext Klimawandel gewinnen dementsprechend agronomische Maßnahmen zur Minimierung der Nematodenpopulation, wie beispielsweise eine angepasste, möglichst weite Fruchtfolge sowie der Anbau nematodenresistenter Zwischenfrüchte, an Bedeutung. Entscheidend ist jedoch die Sortenwahl (REUTHER 2015), speziell auch vor dem Hintergrund der in Zukunft in Fabriknähe zu erwartenden zunehmenden Anbaudichte im Zuge der diesjährigen Zuckermarktreform. Unklar ist allerdings die Populationsentwicklung der Nematoden während der verschiedenen Zuckerrüben-Fruchtfolgen sowie der Einfluss des Klimawandels darauf. Hieran sollte weiter geforscht und die praktische Umsetzbarkeit untersucht werden.
Insgesamt wird der Zuckerrübenanbau durch den Klimawandel in einigen Teilbereichen positiv, in anderen negativ beeinflusst werden (vgl. Abb.). Es ist davon auszugehen, dass die absolute Jahr-zu-Jahr-Schwankung im Ertrag steigen wird. Aufgrund der hohen Komplexität der Zusammenhänge und der nicht absehbaren anbautechnischen sowie züchterischen Fortschritte sind bilanzierende Aussagen nicht möglich. Klar ist jedoch, dass der Anbau sukzessive an sich ändernde Jahreswitterungsverläufe adaptiert werden muss. Krankheiten und Schädlinge müssen bedarfsgerecht gemanagt, suboptimale Entwicklungstendenzen, speziell hinsichtlich der Wasserverfügbarkeit während der Hauptwachstumsphase, beispielsweise durch die Standortwahl bzw. -verlagerung gepuffert und somit sich ergebende Ertragssteigerungspotentiale optimal ausgenutzt werden.

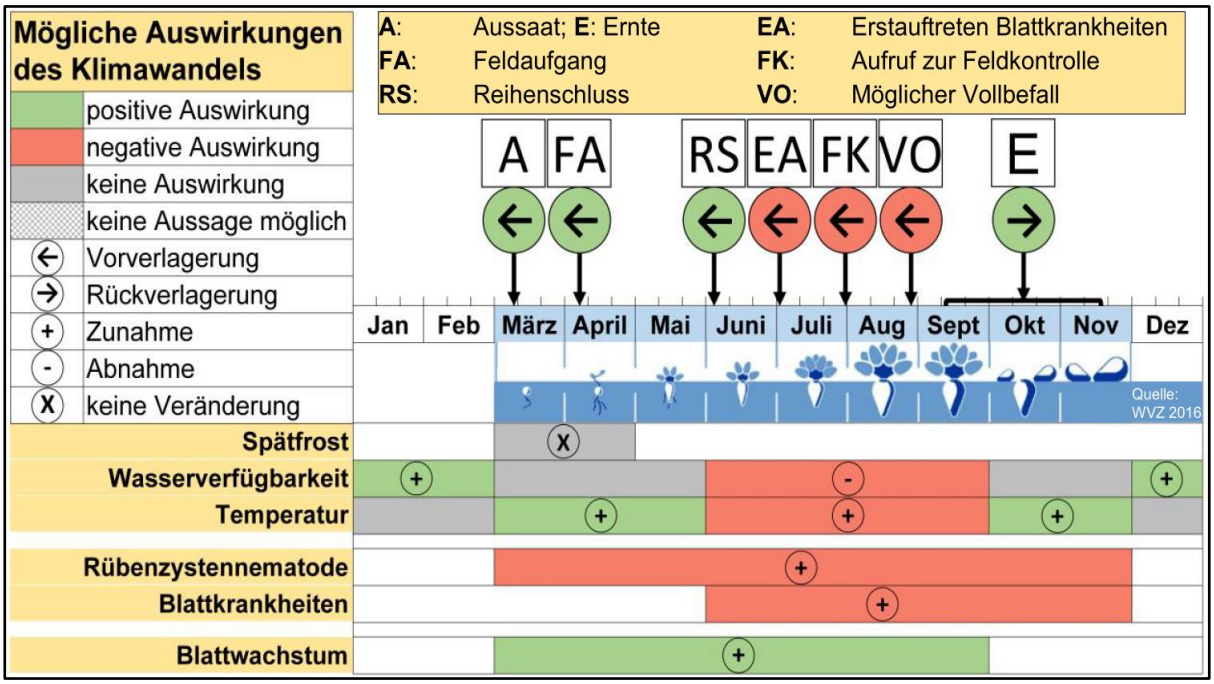


Abb.: Zusammenfassende Darstellung der möglichen Auswirkungen des (projizierten) Klimawandels auf den Zuckerrübenanbau.

Literatur

Curi, J. und I. Zmoray 1966: Beziehung klimatischer Faktoren zur Entwicklungsdauer von Heterodera schachtii in der Slowakei (CSSR). In: Helminthologia 7, 49-63.

Hoffmann, C. (1997): Wachstumsanalyse von Zuckerrüben bei langjährig differenzierter Bodenbearbeitung. In: Pflanzenbauwissenschaften 1, 164-170.

Jörg, E. und P. Racca (2000): CERCBET 1 2 3 - Prognosemodelle zur Simulation von *Cercospora beticola*. In: Zuckerrübe 49, 200-203.

Kremer, P. (2016): Die Zuckerrübe im Klimawandel: Eine empirisch-modellgestützte Analyse der vergangenen und möglichen zukünftigen agrarökologischen Auswirkungen in ausgewählten Regionen von Rheinland-Pfalz und Hessen. Mainz. (Dissertation)

Ministerium für Umwelt, Forsten und Verbraucherschutz Rheinland-Pfalz (MULEWF) (2007): Klimabericht Rheinland-Pfalz 2007.

Nakicenovic N. und R. Swart (Hrsg.) (2000): Special Report on Emissions Scenarios: A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge.

Racca, P. et al. (2010): ERYBET, URUBET & RAMUBET - Die Prognosemodelle für die integrierte Bekämpfung der Zuckerrüben-Blattkrankheiten Mehltau, Rost und Ramularia. In: Julius-Kühn-Archiv 428, 156-157.

Reiter, P. (2015): Klimawandel in Rheinland-Pfalz. Internet: http://www.klimafolgendialog.de/index.php?id=282 (27.04.2017).

Reuther, M. (2015): Nematoden: Wie gut sind tolerante Sorten? In: top agrar 10, 60-63.

Richerzhagen, D. (2013): Untersuchung zum Auftreten und der Interaktion von Zuckerrüben-Blattkrankheiten am Beispiel von Cercospora-Blattflecken (*Cercospora beticola*), Rübenmehltau (*Erysiphe betae*) und Rübenrost (*Uromyces betae*) unter dem Einfluss des Klimawandels. Hannover.

Scott, R. K. und K. W. Jaggard (2000): Impact of weather, agronomy and breeding on yields of sugarbeet grown in the UK since 1970. In: Journal of Agricultural Science 134, 341-352.

Werker, A. R. und K. W. Jaggard (1997): Modelling Asymmetrical Growth Curves that Rise and then Fall: Applications to Foliage Dynamics of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.). In: Annals of Botany 79, 657-665.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 128–131 (2017)

Nachhaltige landwirtschaftliche Nutzungsstrategien für den Westsibirischen Getreidegürtel

Insa Kühling

Fachgebiet Umweltschonende Landbewirtschaftung, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück, Osnabrück. E-Mail: *i.kuehling@hs-osnabrueck.de*

Einleitung

Die wachsende Weltbevölkerung und der fortschreitende Verlust an Ackerflächen erhöhen den Druck auf die landwirtschaftliche Produktion (Tilman et al. 2011). In Kombination mit den Auswirkungen des Klimawandels steht die Landwirtschaft weltweit vor neuen Herausforderungen, die nur mit nachhaltigen Ansätzen gelöst werden können (Foley et al. 2011). Das Konzept der ‚Nachhaltigen Intensivierung' (SI, The Royal Society 2009) skizziert notwendige Rahmenbedingungen zur Anpassung landwirtschaftlicher Produktionssysteme im Kontext von nachhaltigen Landnutzungsstrategien (SLM).

Der westsibirische Getreidegürtel erstreckt sich über 1 Millionen km^2 im asiatischen Teil Russlands und ist von globaler Bedeutung für die Agrarproduktion (Liefert et al. 2010) sowie als weltweite Kohlenstoffsenke und zum Biodiversitätsschutz (Bukvareva et al. 2015). Die Auflösung der Sowjetunion und der Zusammenbruch des staatlichen Landwirtschaftssystems verursachten einen massiven Landnutzungswandel in dieser Region mit erheblichen Auswirkungen auf die heutige Agrarstruktur (Kurganova et al. 2014). Zusätzlich sind in Westsibirien die Auswirkungen des Klimawandels auf die Pflanzenproduktion besonders ausgeprägt (Kicklighter et al. 2014).

Zielsetzung dieser Arbeit war die Identifikation von nachhaltigen landwirtschaftlichen Nutzungsstrategien für den Westsibirischen Getreidegürtel mit Fokus auf pflanzenbauliche Anpassungsmöglichkeiten an den Klimawandel. Dazu wurden auf unterschiedlichen räumlichen und zeitlichen Skalen folgende Forschungsfragen formuliert: (i) Lassen sich tragfähige Zukunftsstrategien aus der historischen Landnutzungsintensität ableiten? (ii) Wie lässt sich die Ökoeffizienz von Getreideproduktionssystemen unter den Auswirkungen des Klimawandels erhöhen? (iii) Eignen sich Sojabohnen dazu, die Fruchtfolgen im Süden Westsibiriens zu diversifizieren? Die Studien fanden im Rahmen des deutsch-russischen Forschungsprojektes ‚SASCHA' statt, das sich interdisziplinär mit SLM-Strategien an der Schnittstelle zwischen Landnutzungs- und Klimawandel im Tyumener Gebiet in Westsibirien beschäftigt hat.

Material und Methoden

Basierend auf jährlichen, regionalen Statistikdaten wurde ein normalisierter, input-orientierter Landnutzungsintensitätsindex (LUI) für Ackerland und Grünland in Ländern der ehemaligen Sowjetunion entwickelt (Gl. 1) und auf zwei räumlichen Skalen (Provinz, Distrikt) von 1996 bis 2013 für den Westsibirischen Getreidegürtel analysiert.

$$LUIx_i = \frac{x_i - x_{min}}{x_{max} - x_{min}} \quad \text{mit} \quad x = gLSD * Pgrass * Psubsist \text{ auf Grünland und } x = Fert * Pcrop * Pgrain \text{ auf Ackerland} \quad (1)$$

gLSD: weidende Viehdichte (GV ha^{-1}), *Pgrass*: Flächenanteil Grünland (%), *Psubsist*: Anteil Subsistenzviehhaltung (%), *Fert*: Düngermenge (kg ha^{-1}), *Pcrop*: Flächenanteil Ackerland (%), *Pgrain*: Anteil Getreide an Ackerfläche (%)

In einem voll-faktoriellen Feldversuch wurden Anpassungen von Bodenbearbeitung (üblich konventionell CT vs. Direktsaat NT), Aussaattiefe (üblich tief 6.5 vs. flach 4.5 cm) und Aussaatstärke (üblich viel 600 vs. reduziert 450 Körner m^{-2}) hinsichtlich Wassernutzungseffizienz und Ertrag zweijährig (2014-2015) bei Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) geprüft.

Ein kleinskaliger Feldversuch mit Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) zur Anbauwürdigkeit frühreifer Sorten in nördlichen Breiten wurde zweijährig (2013-2014) durchgeführt um Effekte der Saatgutimpfung mit *Bradyrhizobium japonicum* im Vergleich zur unbehandelten Kontrolle zu untersuchen. Der Blattchlorophyllgehalt, gemessen als SPAD-Wert (Uddling et al. 2007) diente als Indikator für die Luftstickstofffixierung (Fritschi & Ray 2007). Mit Hilfe von Effektstärken (‚Hedges' *d*';Nakagawa & Cuthill 2007) von Impfung vs. Kontrolle konnten SPAD-Werte verschiedener Jahre und Entwicklungsstadien vergleichbar gemacht werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse der Landnutzungsintensität im Westsibirischen Getreidegürtel zeigte signifikante, gegenläufige Entwicklungen zwischen 1996 und 2013: Extensivierung auf Grünland von –0.015 LUI Einheiten pro Jahr und Intensivierung auf Ackerland von +0.014 LUI Einheiten pro Jahr (Abb. 1). Ausgehend von der LUI-Analyse konnten lokal angepasste SLM-Strategien entwickelt und Distrikte zu vorrangigen Umsetzung dieser Szenarien identifiziert werden (Kühling et al. 2015). Die Ergebnisse zeigten eindeutig die Notwendigkeit von unterschiedlichen Strategien auf Grünland (überwiegend als Allmende Weide von dörflichen Haushalten genutzt) und Ackerland (überwiegend von großen, gut mechanisierte Agrarbetrieben bewirtschaftet) (Kühling et al. 2016). Für den Westsibirischen Getreidegürtel wurden daher zwei übergeordnete Strategien zur simultanen Sicherung von Agrarproduktion und Biodiversität abgeleitet: extensive Beweidung zur Grünlanderhaltung und Ertragssteigerung durch SI auf bestehendem Ackerland anstelle von Ackerflächenexpansion.

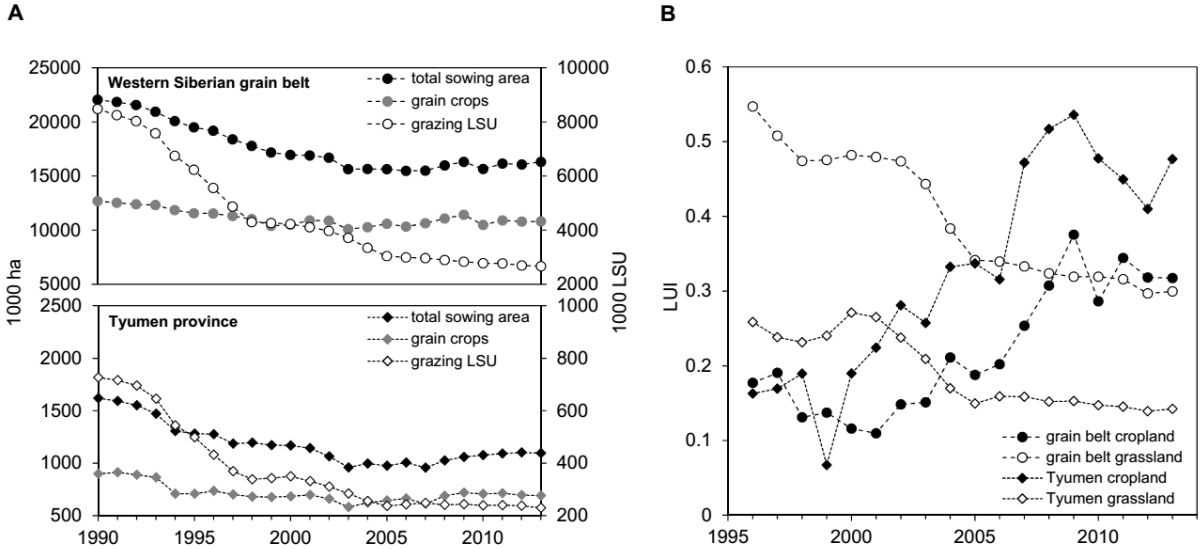


Abb 1: Zeitreihen für Aussaatflächen und grasende Viehbestände (LSU) seit Zusammenbruch der Sowjetunion (A) und Landnutzungsintensitätindizes (LUI) auf Acker- und Grünland (B) jeweils auf zwei räumlichen Skalen (Provinzen des Westsibirischen Getreidegürtels und Distrikte der Provinz Tyumen).

Eine Möglichkeit zur SI auf bestehenden Ackerflächen stellt das System ‚Conservation Agriculture' (CA) dar mit besonderem Potential im Trockenfeldbau (Hobbs et al. 2008) sowie unter den prognostizierten Klimawandeleffekten von trockeneren und wärmeren Wachstumsbedingungen im Westsibirischen Getreidegürtel (Degefie et al. 2014). Der zentrale CA-Aspekt der Direktsaat (NT) zeigte in zwei überdurchschnittlich kalten und nassen Versuchsjahren signifikant höhere Bodenwassergehalte (+40 %) und keine negativen Effekte auf Sommerweizenertrag und -qualität im Vergleich zu CT (Abb. 2). Die Einflüsse von veränderten Saatstärken und Ablagetiefen waren geringbedeutend. Höchste Erträge wurden mit 3.19 und 3.82 t ha^{-1} (2014 bzw. 2015) jeweils in NT

Varianten erzielt (Kühling et al. 2017b). Dies bestätigt das aus Meta-Studien ermittelte Potential zur Ertragssteigerung von NT insbesondere in Getreideproduktionssystemen arider Klimate sowie als integrierter Bestandteil von CA (Pittelkow et al. 2014 & 2015).

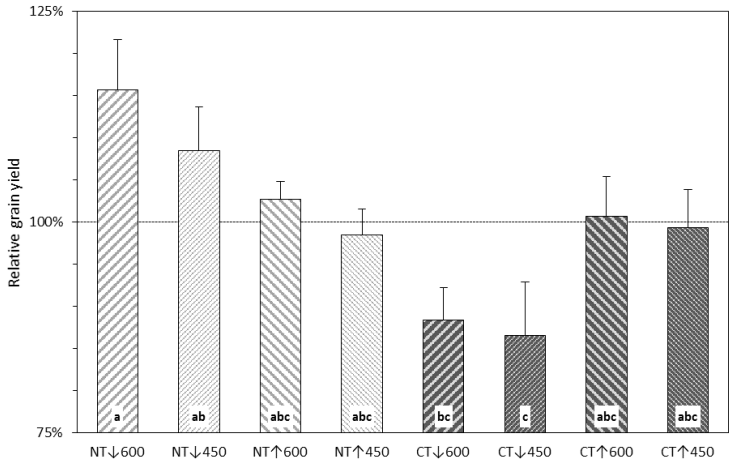


Abb 2:
Relative Kornerträge (Mittel über 2 Jahre) für alle untersuchten Varianten: NT: no-till, CT: konventionelle Bodenbearbeitung, ↓: 6.5 cm Saattiefe, ↑: 4.5 cm Saattiefe, 600/400: Saatstärke (Körner m^{-2}). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertdifferenzen (Tukey HSD-Test, p=0.05).

Insbesondere an der nördlichen Ausdehnungsgrenze der landwirtschaftlichen Nutzung sind gravierende Auswirkungen des Klimawandels auf die Wachstumsbedingungen zu erwarten, so dass sich das eurasische Anbaugebiet für Sojabohnen nach Norden hinein in den Westsibirischen Getreidegürtel verlagern wird (Kicklighter et al. 2014). Die Versuchsergebnisse zur Anbauwürdigkeit frühreifer Soja-Sorten bestätigen eine erfolgreiche Impfung mit *B. japonicum*. Die Effektstärken der SPAD-Werte waren signifikant positiv zu Beginn der Samenentwicklung, jedoch ohne Unterschiede in früheren Wachstumsstadien (Abb. 3). Auf Bohnen- und Proteinertrag hatte die Impfung keine signifikante Auswirkung (Abb. 4). Unter den Wachstumsbedingungen hoher nördlicher Breiten schien die Temperatursumme den Sojaertrag und die Effektivität der Impfung zu limitieren (Kühling et al. 2017a). Um Soja als Leguminose in Fruchtfolgen zu integrieren ist die Impfung jedoch zwingend notwendig, da in Böden nördlicher Breiten natürlicherweise keine soja-spezifischen Bakterienstämme vorhanden sind.

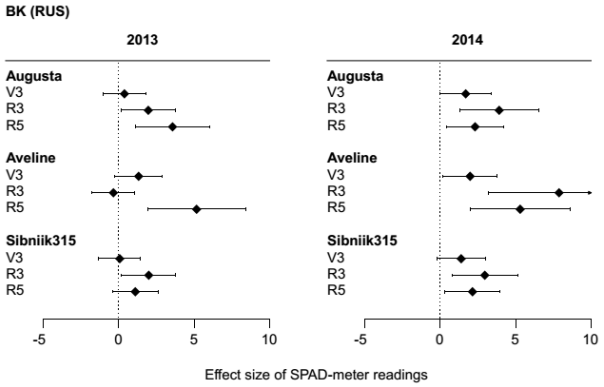


Abb. 3: Effektstärken der SPAD-Werte (geimpft vs. Kontrolle) in 3 Entwicklungsstadien (V3: 3 Knoten, R3: Beginn Hülsenbildung R5: Beginn Samenfüllung) für die 3 untersuchten Sorten

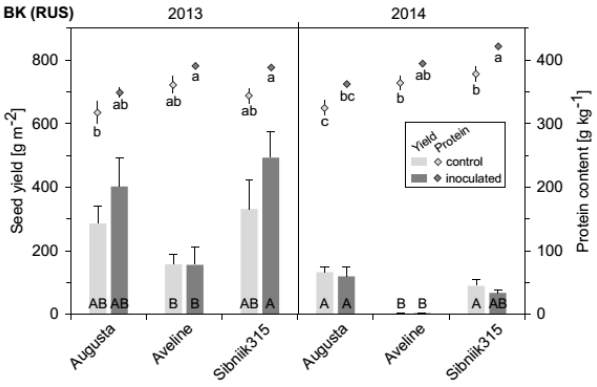


Abb. 4: Bohnenerträge und Proteingehalte der untersuchten Sorten. Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Tukey HSD-Test je Jahr, p=0.05, Fehlerbalken: 1 Standardfehler)

Die in dieser Arbeit zusammengestellten Versuche und Analysen sind Beispiele für Beiträge zu SLM auf verschiedenen räumlichen und zeitlichen Skalenebenen. Neben den vielversprechenden Vorteilen der beschriebenen Optionen der angewandten SI, müssen jedoch auch einige negative Begleiteffekte berücksichtigt werden: NT und CA stehen häufig in Zusammenhang mit höherem Herbizideinsatz, gentechnisch veränderten (GVO) Sorten und Herbizidresistenzproblemen (Farooq et al. 2011; Giller et

al. 2015). Abwechslungsreiche Fruchtfolgen mit integrierten Leguminosen wie Sojabohnen eröffnen jedoch eine Perspektive für widerstandsfähige Trockenfeldbausysteme unter Klimawandelbedingungen ohne Abhängigkeiten von einzelnen Herbiziden. Darüber hinaus hat Russland die Chance im Westsibirischen Getreidegürtel weiterhin einen großen Beitrag zum GVO-freien Trockenfeldbau zu leisten.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojektes SASCHA als Teil der Fördermaßnahme "Nachhaltiges Landmanagement" erzielt und vom BMBF finanziert (Förderkennzeichen 01LL0906D).

Literatur

Bukvareva EN, Grunewald K, Bobylev SN, et al (2015) The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia: A status report. Ambio 44:491–507. doi: 10.1007/s13280-015-0674-4

Degefie DT, Fleischer E, Klemm O, et al (2014) Climate extremes in South Western Siberia: past and future. Stoch Environ Res Risk Assess 28:2161–2173. doi: 10.1007/s00477-014-0872-9

Farooq M, Flower KC, Jabran K, et al (2011) Crop yield and weed management in rainfed conservation agriculture. Soil Tillage Res 117:172–183. doi: 10.1016/j.still.2011.10.001

Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, et al (2011) Solutions for a cultivated planet. Nature 478:337–342. doi: 10.1038/nature10452

Fritschi FB, Ray JD (2007) Soybean leaf nitrogen, chlorophyll content, and chlorophyll a/b ratio. Photosynthetica 45:92–98. doi: 10.1007/s11099-007-0014-4

Giller KE, Andersson JA, Corbeels M, et al (2015) Beyond conservation agriculture. Front Plant Sci 6:1–14. doi: 10.3389/fpls.2015.00870

Hobbs P, Sayre K, Gupta R (2008) The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philos Trans R Soc B Biol Sci 363:543–555. doi: 10.1098/rstb.2007.2169

Kicklighter DW, Cai Y, Zhuang Q, et al (2014) Potential influence of climate-induced vegetation shifts on future land use and associated land carbon fluxes in Northern Eurasia. Environ Res Lett 9:35004. doi: 10.1088/1748-9326/9/3/035004

Kühling I, Broll G, Trautz D (2016) Spatio-temporal analysis of agricultural land-use intensity across the Western Siberian grain belt. Sci Total Environ 544:271–280. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.11.129

Kühling I, Griewald Y, Broll G, Trautz D (2015) Potential of land-use intensity analysis for sustainable land management scenarios in southern West Siberia. Geo-Öko 36:112–132.

Kühling I, Hüsing B, Bome N, Trautz D (2017a) Soybeans in high latitudes: effects of Bradyrhizobium inoculation in Northwest Germany and southern West Siberia. Org Agric 1–13. doi: 10.1007/s13165-017-0181-y

Kühling I, Redozubov D, Broll G, Trautz D (2017b) Impact of tillage, seeding rate and seeding depth on soil moisture and dryland spring wheat yield in Western Siberia. Soil Tillage Res 170:43–52. doi: 10.1016/j.still.2017.02.009

Kurganova I, Lopes de Gerenyu V, Six J, Kuzyakov Y (2014) Carbon cost of collective farming collapse in Russia. Glob Chang Biol 20:938–947. doi: 10.1111/gcb.12379

Liefert W, Liefert O, Vocke G, Allen E (2010) Former soviet union region to play larger role in meeting world wheat needs. Amber Waves 8:12–19.

Nakagawa S, Cuthill IC (2007) Effect size, confidence interval and statistical significance: a practical guide for biologists. Biol Rev 82:591–605. doi: 10.1111/j.1469-185X.2007.00027.x

Pittelkow CM, Liang X, Linquist B a., et al (2014) Productivity limits and potentials of the principles of conservation agriculture. Nature 517:365–367. doi: 10.1038/nature13809

Pittelkow CM, Linquist BA, Lundy ME, et al (2015) When does no-till yield more? A global meta-analysis. F Crop Res 183:156–168. doi: 10.1016/j.fcr.2015.07.020

The Royal Society (2009) Reaping the benefits: Science and the sustainable intensification of global agriculture. London

Tilman D, Balzer C, Hill J, Befort BL (2011) Global Food Demand and the Sustainable Intensification of Agriculture. Proc Natl Acad Sci 108:20260–20264. doi: 10.1073/pnas.1116437108

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. doi: 10.1007/s11120-006-9077-5

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 28: 132–135 (2017)

Einsatz von kompostierten Gärprodukten aus Bioabfällen als Dünger und Bodenhilfsstoff in der Landwirtschaft: Bodenökologische und pflanzenbauliche Wirkungen

Christina-Luise Roß[1], Karen Sensel-Gunke[1], Verena Wilken[1], Kerstin Nielsen[1] und Frank Ellmer[2]

[1] Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP),
[2] Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. Email: roschris@iasp.hu-berlin.de

Einleitung

Die Verwertung von Bioabfällen in Biogasanlagen ist ein bewährtes Verfahren, das dank der deutschlandweiten Einführung der getrennten Sammlung von Bioabfällen am 1. Januar 2015 in Zukunft weiter an Bedeutung gewinnen wird. Damit einher geht, dass große Mengen an Gärprodukten entstehen, die sinnvoll entsorgt bzw. genutzt werden müssen. Ziel der deutschen wie der europäischen Politik ist es, die in diesen Gärprodukten enthaltenen Nährstoffe und organischen Verbindungen einer landwirtschaftlichen Nutzung zuzuführen. Die Gärprodukte werden dazu in der Regel kompostiert und gegebenenfalls durch Agglomeratbildung oder Pelletierung weiter aufbereitet. Im Rahmen dieser Arbeit sollten Einsatzmöglichkeiten und –grenzen derartiger Gärprodukte untersucht werden. Außerdem sollte die Wirkung verschiedener Zuschlagstoffe geprüft werden, die durch Veränderung der Produkteigenschaften die Wirtschaftlichkeit der Aufbereitung verbessern sollten.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der bodenökologischen und pflanzenbaulichen Wirkungen von kompostierten Gärprodukten aus Bioabfällen wurde ein dreijähriger Feldversuch angelegt, der durch Gefäßversuche, Versuche mit Rhizoboxen und phytotoxikologische Tests nach ISO 11269-2 (2012) ergänzt wurde. Außerdem wurde die Kohlenstoffmineralisierungsrate der Gärprodukte mit Hilfe eines $CarbO_2Bot^{®}$ (prw electronics, Deutschland) bestimmt. Des Weiteren wurden Vermeidungstests mit Regenwürmern gemäß ISO Norm 17512-1 (2008) durchgeführt und Arten und Abundanz von Regenwürmern im Feldversuch erfasst.

Getestet wurden Gärprodukte aus Bioabfällen, die durch Siebung und Sortierung, Agglomeratbildung und Pelletierung sowie durch die Zugabe von verschiedenen Zuschlagstoffen (Tiermehl, KAS, Bentonit, Stroh) aufbereitet und in ihren chemisch-physikalischen Eigenschaften gezielt beeinflusst wurden.

Ergebnisse

<u>Überprüfung der bodenökologischen Wirkung</u>

Durch die Bodenatmungsversuche konnte gezeigt werden, dass der Einsatz kompostierter Gärprodukte aus Bioabfällen die Aktivität der Mikroorganismen im Boden fördert. Dies deutet darauf hin, dass bei regelmäßiger Anwendung auch die Menge an Mikroorganismen im Boden erhöht werden kann, was sich wiederum positiv auf die Bodenstruktur, den Bodenwasserhaushalt und die Bereitstellung pflanzenverfügbarer Nährstoffe auswirken würde (Jörgensen, 2011).

Aus Bioabfällen hergestellte Komposte und Gärprodukte können in erheblichem Maße zur Steigerung der Humusgehalte im Boden beitragen, wobei sie sowohl leicht mineralisierbaren Nährhumus, als auch stabilen Dauerhumus zur Verfügung stellen.

Zudem besitzen sie das Potenzial, große Mengen an Kohlenstoff im Boden zu sequestrieren. In den Untersuchungen zur Bodenatmung wurden in den ersten 100 Tagen ca. 20 % des ausgebrachten Kohlenstoffs mineralisiert, während die restlichen 80 % als stabilisierter Kohlenstoff im Boden verbleiben. Dies entspricht bei einer maximal erlaubten Menge von 30 t ha^{-1} TM Bioabfall in drei Jahren (BioAbfV, 2013) etwas 6 t ha^{-1} Kohlenstoff.

Die Wirkung der Gärprodukte auf Regenwürmer konnte im Feldversuch aufgrund der ungünstigen Witterungsbedingungen zum Probenahmezeitpunkt nicht eindeutig bestimmt werden. Die Anzahl der gefundenen Kokons deutet aber darauf hin, dass sich die Applikation der Gärprodukte langfristig als vorteilhaft für Regenwürmer erweisen könnte. Durch die im Labor durchgeführten Vermeidungstests wurde vor allem festgestellt, dass die Attraktivität der Gärprodukte stark von der jeweiligen Regenwurmart und ihrem Ernährungsverhalten abhängt. Eine Einschränkung der Habitatfunktion im Sinne der ISO Norm 17512-1 (2008) wurde in keinem Fall nachgewiesen.

Überprüfung der pflanzenbaulichen Wirkung

Sollen durch die kompostierten Gärprodukte andere Düngemittel ersetzt werden, so ist zu beachten, dass der Gehalt an pflanzenverfügbarem Stickstoff gering ist. In den Gefäßversuchen wurden maximal 12 % des ausgebrachten Stickstoffs durch die Pflanzen wieder entzogen, im Feldversuch über mehrere Jahre hinweg nur ca. ein Viertel bis ein Drittel. Der Rest verbleibt zum größten Teil in Form von organischen Stickstoffverbindungen im Boden, die in den Folgejahren mineralisiert werden können, was ein jährliches Einsparungspotential für Mineraldünger birgt. Eine Steigerung der Erträge durch den Einsatz der Gärprodukte war im Gefäßversuch zwar nachweisbar, fiel aber gering aus. Im Feldversuch waren Ertragseffekte erst im dritten Jahr, d.h. nach viermaliger Ausbringung, nachzuweisen. Die Erträge entsprachen dann der Variante, die 30 kg ha^{-1} N in Form von KAS erhalten hatte. Qualitätsparameter wie Proteingehalt und Korngröße erreichten überwiegend nicht das vom Handel geforderte Niveau. Beobachtet wurden aber Synergieeffekte, wenn Gärprodukte und mineralische Düngung kombiniert wurden.

Nicht zu unterschätzen ist die Wirkung der basisch wirksamen Bestandteile in kompostierten Gärprodukten. Nach Anwendung der Gärprodukte konnte ein deutlicher Anstieg der pH-Werte nachgewiesen werden. Bei regelmäßiger Anwendung solcher Produkte kann auf eine ergänzende Kalkung eventuell vollständig verzichtet werden.

Neben Stickstoff sind in den Gärprodukten erhebliche Mengen an Phosphor und Kalium enthalten. Diese sind besser pflanzenverfügbar als Stickstoff. Insbesondere die Phosphorverfügbarkeit wird durch die pH-Wirkung der Gärprodukte zusätzlich erhöht. Die Gehalte an Phosphor und Kalium im Pflanzenmaterial blieben in den Versuchen trotzdem überwiegend unter den für ein gesundes Pflanzenwachstum notwendigen Mindestgehalten.

Als problematisch zu bewerten sind die hohen Gehalte an Schwermetallen in Bioabfallprodukten. Bei den untersuchten Produkten wurden die Grenzwerte für die Ausbringung auf Ackerflächen in 50 % der Chargen deutlich überschritten. Selbst bei Einhaltung der Grenzwerte besteht bei wiederholter Anwendung die Gefahr der Schwermetallakkumulation im Boden. Dem muss vorgebeugt werden, in dem zum einen die Qualität des Bioabfalls besser überwacht wird, und zum anderen eine ausreichende Kontrolle der Zufuhr und der Gehalte im Boden erfolgt. Die z.T. hohen Schwermetallfrachten könnten in Abhängigkeit von der angebauten Pflanzenart auch

zu hohen Schwermetallgehalten im Erntegut führen. Andererseits konnte gezeigt werden, dass die kompostierten Gärprodukte durch die Erhöhung des pH-Wertes im Boden und durch die Zufuhr an organischer Substanz die Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen eher verringern.

Eine Phytotoxizität der Gärprodukte wurde nur in Einzelfällen festgestellt und war nicht dosisabhängig, sondern auf punktuelle Verunreinigungen zurückzuführen. In Abhängigkeit von der Zusammensetzung des Ausgangsmaterials kann sie jedoch nicht vollständig ausgeschlossen werden. Obergrenzen für einzelne Schadstoffe scheinen in diesem Zusammenhang sinnvoller als allgemeine Höchstmengen für die Anwendung von Bioabfallprodukten, was jedoch einen erheblichen Aufwand an Einzeluntersuchung im Rahmen der Qualitätskontrolle erfordern würde. Nicht auszuschließen ist auch, dass es durch grobe Bestandteile oder feste Konglomerate zu einer mechanischen Behinderung der Pflanzenentwicklung kommt. Grob strukturierte Gärprodukte müssen gegebenenfalls ausreichend tief eingearbeitet werden, um eine Störung des Pflanzenwachstums vor allem in den ersten Wochen nach der Aussaat zu verhindern.

Einfluss von Aufbereitungsart und Zuschlagstoffen auf die Produkteigenschaften

Ist aufgrund einer Überversorgung in bestimmten Regionen oder aufgrund einer verschärften Düngemittel-Gesetzgebung ein Transport von Gärprodukten über weitere Strecken notwendig, so ist eine Aufbereitung mit dem Ziel der Entwässerung, Verdichtung und Stabilisierung notwendig. In den Gefäßversuchen haben sich Agglomerate gegenüber Pellets als vorteilhaftere Aufbereitungsform erwiesen, sofern ein Düngeprodukt das Ziel der Aufbereitung ist. Die Agglomerate lösten sich schneller auf und stellten höhere Mengen an Nährstoffen für das Pflanzenwachstum zur Verfügung. Sie besaßen außerdem höhere Schüttdichten als Pellets, was in Hinblick auf Transportkosten und Lagerkapazitäten ein deutlicher Vorteil ist. Die beschriebenen Unterschiede zwischen Agglomeraten und Pellets hängen allerdings zum Teil von der Größe der Pellets ab, deren minimaler Durchmesser wiederum von der Beschaffenheit des strukturreichen Ausgangsmaterials bestimmt wird.

Agglomeratbildung und Pelletierung können die Mineralisierung der Gärprodukte verzögern. Dies kann organische Substanz stabilisieren und Auswaschungs- bzw. Emissionsverluste verringern. Andererseits werden dadurch die Pflanzenverfügbarkeit der enthaltenen Nährstoffe und damit die unmittelbare Düngewirkung der Produkte verringert.

Als Zuschlagstoffe wurden zwei verschiedene Stickstoffquellen (KAS und Tiermehl) sowie Stroh und Tonminerale getestet, wobei letztere die Wasseraufnahme und damit die Mineralisierung der Produkte beschleunigen sollten. Die Zugabe stickstoffhaltiger Zuschlagstoffe wie KAS oder Tiermehl erhöht die unmittelbare Düngewirkung der Produkte erheblich. In Abhängigkeit vom Ammoniumgehalt wurden jedoch zum Teil phytotoxische Effekte beobachtet. Diese sind bei Zugabe von Mineraldüngern größer als bei organischen N-Verbindungen. Hohe Ammoniumgehalte führen auch dazu, dass die Gärprodukte von Regenwürmern stark gemieden werden. Produkte mit KAS führten in den Vermeidungstests zu einer starken Ablehnung durch Regenwürmer, während die Beimengung von Tiermehl bis zu einem bestimmten Grad toleriert wurde. Die zusätzliche Beimengung von Stroh reduzierte die negative Wirkung der Gärprodukte auf Regenwürmer, während die Zugabe von Tonmineralen die Phytotoxizität der Produkte zum Teil verringerte.

Schlussfolgerungen

Grundsätzlich ist festzustellen, dass der Einsatz kompostierter Gärprodukte aus Bioabfällen in der Landwirtschaft möglich ist, sofern Stör- und Schadstofffrachten niedrig bleiben und entsprechende Grenzwerte eingehalten werden können. Insbesondere die hohen Gehalte an Phosphor, Kalium und organischer Substanz sowie die basische Wirkung der Produkte können sich positiv auf Bodenfruchtbarkeit und Pflanzenwachstum auswirken. In Bezug auf die Stickstoffverfügbarkeit scheinen die Vorgaben zur Düngebedarfsermittlung, die die novellierte Fassung der Düngeverordnung vorsieht, realistisch zu sein. Demnach kann die pauschale Nachlieferung von Stickstoff aus organischen Düngemitteln im Folgejahr der Düngung (10 % vom Gesamtstickstoff) im Fall von Kompost auf 3 Jahre verteilt werden: Im ersten Jahr 4 % sowie im zweiten und dritten Folgejahr jeweils 3 % des Gesamtstickstoffs (Kehres und Luyten-Naujoks, 2017).

Das Erstellen einer Klimabilanz im Zusammenhang mit der Vergärung und Kompostierung von Bioabfällen war zwar nicht Teil dieser Arbeit. Andere Quellen haben jedoch berechnet, dass der Einsatz von kompostierten Gärprodukten in Landwirtschaft und Gartenbau ein CO_2-Einsparungspotential von bis zu 99 kg t^{-1} Bioabfall (bei Einsatz neuester Technik mit reduzierter Emission bis zu 194 kg t^{-1}) birgt. Dieses Potenzial setzt sich zusammen aus der durch die Vergärung gewonnenen Energie, sowie aus der Einsparung von synthetischen Mineraldüngern und Torf und der Bindung von Kohlenstoff im Boden(BMU, 2012). Somit ist die Verwertung von Bioabfällen durch Vergärung, Kompostierung und anschließende Rückführung auf Ackerflächen auch im Hinblick auf die Reduktion von klimawirksamen Emissionen positiv zu bewerten.

In der Gesamtbetrachtung sind kompostierte Gärprodukte aus Bioabfällen bei Einhaltung der Grenzwerte für Schwermetalle und sonstige Fremdstoffe als hochwertige Bodenhilfsstoffe anzusehen. Die Aufbereitung durch Agglomeratbildung oder Pelletierung zur Steigerung der Transportwürdigkeit und Lagerstabilität ist möglich, ohne dass die wesentlichen positiven Eigenschaften davon beeinträchtigt würden.

Literatur

ISO 11269-2:2012, I. (2012). Soil quality – Determination of the effects of pollutants on soil flora – Part 2: Effects on chemicals on the emergence and growth of higher plants. Vol. 11269-2:2012Genf, Schweiz.

ISO 17512-1, I. (2008). Soil quality – avoidance test for determining the quality of soils and effects of chemicals on behaviour - Part 1: Test with earthworms (Eisenia fetida and Eisenia andrei). ISO (International Organization for Standardization), Geneva, Switzerland.

BioAbfV (2013). Verordnung über die Verwertung von Bioabfällen auf landwirtschaftlich, forstwirtschaftlich und gärtnerisch genutzten Böden (Bioabfallverordnung - BioAbfV) vom 21.09.1998, zuletzt geändert durch Artikel 5 der Verordnung vom 5. Dezember 2013 (BGBl. I S. 4043).

BMU (2012). Ökologisch sinnvolle Verwertung von Bioabfällen - Anregungen für kommunale Entscheidungsträger. Berlin: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

Jörgensen, R. G. (2011). Funktionen und Quantifizierung der mikrobiellen Biomasse in Böden. In Mikrobiologie von Böden - Biodiversität, Ökophysiologie und Metagenomik, 29-54 (Ed Ottow, J. C. G.). Berlin/Heidelberg: Springer.

Kehres, B. & Luyten-Naujoks, K. (2017). Entwurf der Novelle der Düngeverordnung veröffentlicht. (Ed Nachrichten, H. u. K.).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 28: 136–139 (2017)

Die Durchwachsene Silphie – Eine Energiepflanze der Zukunft?

Burkhard Schoo[1], Siegfried Schittenhelm[1] und Henning Kage[2]

[1] Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig; [2] CAU Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Acker- und Pflanzenbau. E-Mail: *burkhard.schoo@julius-kuehn.de*

Einleitung

Unter den verschiedenen Biogaspflanzen erzielt Silomais die höchsten Methanhektarerträge. Deshalb wird Silomais häufig in engen Fruchtfolgen bis hin zur Monokultur mit den bekannten negativen Effekten angebaut. Bei der Suche nach Anbaualternativen gewinnt die Durchwachsene Silphie (kurz: Silphie), eine aus Nordamerika stammende mehrjährige Staude, aufgrund ihrer vergleichsweise hohen Flächenerträge zunehmend an Interesse. Neben positiven ökologischen Effekten wird bei der Silphie auch eine gewisse Trockentoleranz vermutet (Bauböck et al. 2014, Franzaring et al. 2015). Trockentolerante Kulturen sind in der Lage sowohl die Strahlungsinterzeption als auch die Strahlungsnutzung bei knapper Wasserversorgung weitestgehend aufrecht zu erhalten. Das Ziel dieser Arbeit war die Charakterisierung des Energieertragspotentials und des Ertragsaufbaus der Silphie in Abhängigkeit vom Wasserdargebot. Dazu wurde ihre Effizienz bezüglich der Aufnahme und Nutzung von Wasser und Strahlung mit den Referenzkulturen Mais und Luzernegras verglichen. Zur Charakterisierung des Wurzelsystems wurden unterschiedliche Standorte im Norden und Osten Deutschlands einbezogen.

Material und Methoden

In den Jahren 2013 und 2014 wurden auf dem Versuchsfeld des Julius Kühn-Instituts in Braunschweig Silphie, Mais und Luzernegras ohne und mit Zusatzbewässerung (>50% nFK) angebaut. Der Boden ist eine Parabraunerde mit 79% Sand, 16% Schluff und 6% Ton und weist eine nutzbare Feldkapazität von 180 mm (0-150 cm) auf. Der Versuch war als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Wasserregime bildeten die Großteilstücke und die Versuchsparzellen mit den drei Kulturarten die Kleinteilstücke (240 m^2). Die Dynamik des Bodenwassergehaltes in 0-160 cm Bodentiefe wurde mit dem Rohrsondenmesssystem Diviner 2000 unter Verwendung einer tiefenspezifischen Kalibration ($R^2 = 0,64$) während der Vegetation wöchentlich erfasst. Der Grünflächenindex (GAI) sowie die Interzeption der photosynthetisch aktiven Strahlung wurden ebenfalls wöchentlich anhand des Bodenbedeckungsgrades bzw. mit dem SunScan-System ermittelt. Zur Charakterisierung der Wurzelentwicklung wurden mit Hilfe einer Rammkernsonde je 6 Bohrkerne bis zur maximalen Durchwurzelungstiefe aus Silphie-Parzellen zu mehreren Terminen während der Vegetation entnommen. An sechs weiteren Standorten mit unterschiedlichen Bodenarten wurden Wurzelbeprobungen in Silphie- und benachbarten Maisbeständen durchgeführt, nämlich Rockstedt (Sl2), Dasselsbruch (fSms), Ronnenberg (Uls), Parmen (Lts), Straguth (Su2) und Dornburg (Ut3). Die zum Zeitpunkt der Blüte gewonnenen Proben wurden mit einer Wurzelwaschanlage separiert und per digitaler Bildverarbeitung (WinRHIZO) analysiert. Die Berechnung der Evapotranspiration erfolgte mittels der Wasserhaushaltsgleichung nach Ehlers (1997). Zur Quantifizierung der aktuellen und potentiellen Transpiration (T_{akt} und T_{pot}) sowie des Sickerwasseraufkommens wurde das beschreibende

Pflanzenwachstumsmodell HUME (Johnen et al. 2014) mit Modulen für Pflanzenwachstum, Evapotranspiration und Bodenwasserdynamik parametrisiert. Dabei wurde ein auf der Strahlungsnutzungseffizienz (RUE) basierender Ansatz verwendet, welcher den negativen Einfluss von Trockenstress auf den Trockenmassezuwachs anhand eines Reduktionsfaktors (T_{akt}/T_{pot}) berücksichtigt. Die Bestimmung der Gasausbeuten erfolgte an nach der Ernte tiefgefrorenem Pflanzenmaterial mittels standardisierter Gasertragstests (Batch-Tests).

Ergebnisse und Diskussion

Angesichts des semi-domestizierten Status der Silphie waren ihre Energieerträge überraschend hoch (Tabelle 1). Im Mittel der Jahre und Wasserregime lag der Methanhektarertrag mit 4.155 m^3 (± 119 Standardfehler; SE) dennoch signifikant unter dem von Mais (7.153 m^3 ± 120 SE) und Luzernegras (4.432 m^3 ± 135 SE) (Schoo et al. 2017). Die trockenheitsbedingte Minderung des Methanhektarertrages war bei der Silphie (-40%) deutlich größer als bei den Referenzkulturen Mais (-17%) und Luzernegras (-13%). Auch der spezifische Methanertrag der Silphie fiel aufgrund ihrer hohen Rohfaser- und Ligningehalte am niedrigsten aus. Die starke trockenstressbedingte Reduktion des Methanhektarertrages der Silphie war im Wesentlichen auf den deutlichen Rückgang des Trockenmasseertrages zurückzuführen. Hinsichtlich der Ertragsbildung zeigte die Silphie aufgrund ihres frühen Wachstumsbeginns eine höhere kumulierte PAR-Interzeption (IPAR) als der Mais. Hingegen erklärt sich die niedrigere RUE der Silphie durch die C3-Photosynthese, das Wachstum während kühlerer Witterung und die teilweise Verlagerung von Assimilaten in die Wurzelstöcke bzw. Wurzeln. Aus der Kombination von IPAR und RUE wurde deutlich, dass die Silphie unter den klimatischen Bedingungen Norddeutschlands selbst bei Zusatzbewässerung keine mit Mais vergleichbaren Erträge erbringen kann.

Tabelle 1 Trockenmasseertrag (DMY), spezifischer Methanertrag (SMY), Methanhektarertrag (MHY), kumulierte PAR-Interzeption (IPAR), Strahlungsnutzungseffizienz (RUE), Wassernutzungseffizienz (WUE) und Transpirationsnutzungseffizienz (TUE) von Silphie, Mais und Luzernegrass in Abhängigkeit vom Wasserregime im Mittel der Jahre 2013 und 2014.

Wasserregime	Kultur	DMY [t ha^{-1}]	SMY [l (kg oTS)$^{-1}$]	MHY [m^3 ha^{-1}]	IPAR [MJ m^{-2}]	RUE [g MJ^{-1}]	WUE [kg ha^{-1} mm^{-1}]	TUE[2] [kg ha-1 mm-1]
Unbewässert	Silphie	10,8[f1]	296[d]	3.216[f]	1.992[b]	1,1[e]	36[c]	54[c]
	Mais	17,7[b]	363[a]	6.471[b]	1.311[f]	2,7[b]	55[a]	127[a]
	Luzernegras	12,2[e]	336[b]	4.123[e]	1.848[d]	1,4[d]	33[d]	-
Bewässert	Silphie	16,1[c]	315[c]	5.094[c]	2.120[a]	1,5[c]	30[e]	39[d]
	Mais	21,7[a]	361[a]	7.835[a]	1.371[e]	3,2[a]	45[b]	91[b]
	Luzernegras	14,2[d]	333[b]	4.741[b]	1.913[c]	1,5[c]	29[e]	-

[1] Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p<0,05$) innerhalb der Merkmale.
[2] In der Simulationsstudie mit HUME berechnet (Schoo et al. 2016b).

Unter Trockenstress zeigte die Silphie mit -29% eine stärkere Reduktion der RUE als der Mais (-16%) und das Luzernegras (-12%). Die entsprechend stark verminderte T_{akt} der Silphie wurde in der Simulationsstudie anhand des Stressfaktors deutlich abgebildet (Schoo et al. 2016b) (Abbildung 1). Die Modellierung ergab weiterhin, dass die Silphie bis zu 75% des gesamten Wasserverbrauchs für die Transpiration nutzt. Der hohe Wasserbedarf ist somit vor allem einer geringen TUE zuzuschreiben.

Neben der weniger effizienten CO_2-Assimilation ist der hohe Wasserverbrauch der Silphie auch auf ihren vergleichsweise hohen GAI (bis zu 10 m^2 m^{-2}) bzw. die damit verbundenen Transpirationsverluste zurückzuführen. Daher muss zur Erzielung von hohen Methanhektarerträgen eine optimale Wasserversorgung gegeben sein, weshalb der Leistungsfähigkeit des Wurzelsystems der Silphie eine besondere Bedeutung zukommt. Die Silphie-Dauerkulturen wurzelten an den untersuchten Standorten meist tiefer als der Mais (Schoo et al. 2016a). Die Wurzellängendichte (RLD) war vergleichbar bzw. geringer als bei Mais und Luzernegras. Die Morphologie des Wurzelsystems der Silphie mit ihrer geringen spezifischen Wurzellänge (SRL) und dem geringen Feinwurzelanteil lässt kein ausgeprägtes Vermögen zur Wasseraneignung erwarten (Tabelle 2).

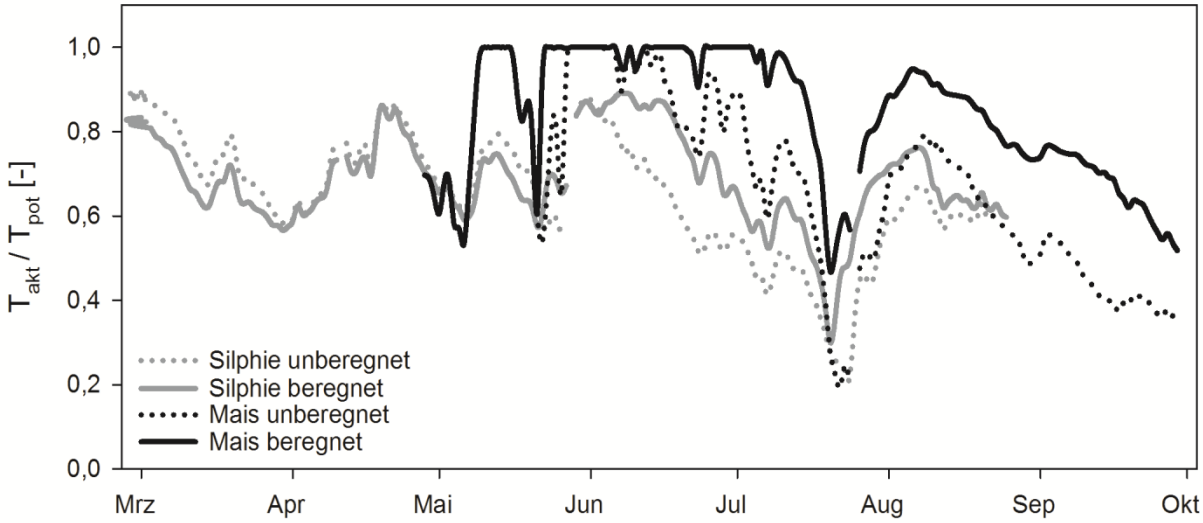


Abbildung 1 Verhältnis T_{akt}/T_{pot} als Maß für die Trockenstressintensität simuliert für Silphie und Mais ohne bzw. mit Zusatzberegnung während der Vegetationsperiode 2014.

Tabelle 2 Gesamtwurzellänge (RL), spezifische Wurzellänge (SLR), Anteil Wurzeln <0,5 mm, prozentuale Wasserausschöpfung des durchwurzelten Bodenraumes (PWC) von Silphie, Mais und Luzernegrass in Abhängigkeit vom Wasserregime im Mittel der Jahre 2013 und 2014.

Wasserregime	Kultur	RL [cm cm^{-2}]	SRL [cm mg^{-1}]	Ø <0,5 mm [%]	PWC[2] [%]
Unbewässert	Silphie	188[b1]	3,6[d]	81[d]	47[b]
	Mais	209[b]	12,1[a]	89[c]	43[c]
	Luzernegras	276[a]	7,0[c]	95[a]	55[a]
Bewässert	Silphie	179[b]	4,8[d]	78[e]	-
	Mais	178[b]	9,4[b]	91[b]	-
	Luzernegras	157[b]	1,3[ab]	94[a]	-

[1] Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($p<0,05$) innerhalb der Merkmale.
[2] PWC = (Bodenwassergehalt Feldkapazität – Bodenwassergehalt bei maximaler Ausschöpfung) / (Bodenwassergehalt Feldkapazität – Bodenwassergehalt Permanenter Welkepunkt) ×100.

Im Bewässerungsfeldversuch zeigte das Wurzelwachstum von Mais und Luzernegras im Gegensatz zur Silphie eine höhere Plastizität, so dass unter Trockenstress aufgrund einer stärkeren Assimilatallokation zugunsten der Wurzeln

eine Zunahme der Gesamtwurzellänge zu verzeichnen war. Die Ausschöpfung des Bodenwassers war beim Luzernegras mit seiner hohen RLD signifikant höher als bei Silphie und Mais. Allerdings hatte die Silphie bezogen auf eine Einheit RLD die höchste Aufnahmeeffizienz, wodurch sie ihre vergleichsweise niedrige Gesamtwurzellänge teilweise kompensieren konnte (Schoo et al. 2016a). Die Silphie bildete im Vergleich zu Mais eine im Mittel der Standorte etwa doppelt so hohe Wurzeltrockenmasse, die sich aufgrund der ausbleibenden Bodenbearbeitung mutmaßlich positiv auf Humussaldo, Bodenstruktur sowie Erosionsvermeidung auswirkt. Möglicherweise eignet sich die Silphie deshalb und auch aufgrund ihres gegenüber Mais geringeren Wärmeanspruches (Andrade et al. 1993) besonders für den Anbau in niederschlagsreichen Höhenlagen. In der Praxis erbrachte die Silphie unter solchen Gegebenheiten (>500 m über NHN, Ø 1.000 mm Jahresniederschlag) sehr hohe Energieerträge auf dem Niveau von Mais (Janzing 2015).

Literatur

Andrade FH, Uhart SA, Cirilo A (1993) Temperature affects radiation use efficiency in maize. Field Crops Research 32, 17-25.

Bauböck R, Karpenstein-Machan M, Kappas M (2014) Computing 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 Science Europe 26, 19.

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

Franzaring J, Holz I, Kauf Z, Fangmeier A (2015) Responses of the novel bioenergy plant species *Sida hermaphrodita* (L.) Rusby and *Silphium perfoliatum* L. to CO_2 fertilization at different temperatures and water supply. Biomass and Bioenergy 81, 574-583.

Janzing B (2015) Praktiker ebnen der Silphie den Weg. Biogas Journal 6, 42-45.

Johnen T, Boettcher U, Kage H (2014) An analysis of factors determining spatial variable grain yield of winter wheat. European Journal of Agronomy 52, 297-306.

Schoo B, Schroetter S, Kage H, Schittenhelm S (2016a) Root traits of cup plant, maize and lucerne grass grown under different soil and soil moisture conditions. Journal of Agronomy and Crop Science, DOI: 10.1111/jac.12194.

Schoo B, Wittich KP, Böttcher U, Kage H, Schittenhelm S (2016b) Drought tolerance and water-use efficiency of biogas crops: a comparison of cup plant, maize and lucerne-grass. Journal of Agronomy and Crop Science 203, 117-130.

Schoo B, Kage H, Schittenhelm S (2017) Radiation use efficiency, chemical composition, and methane yield of biogas crops under rainfed and irrigated conditions. European Journal of Agronomy 87, 8-18.

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. 28: 140–141 (2017)

Effect of mixing Black medic and Alsike clover at different seed densities and proportions

H. Elsalahy and T. F. Döring

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

Introduction

In comparison to monocultures, mixtures of different plant species often exhibit a range of benefits, including increased biomass yield and efficient weed suppression (Storkey et al., 2015). Legume species are considered as a key component in many mixtures because of their role in fixing nitrogen (Döring et al., 2013). Optimizing mixtures of legume species depends on determining appropriate seed densities and species proportions in the mixture. In this study, we asked (1) which seed density and proportion is the most productive and suppresses weeds most efficiently; and (2) in which way mixture effects and weed suppression are dependent on harvest time.

Material and Methods

A field experiment (plot size 3 m x 9 m, randomized complete block design, 3 replicates) was sown on 29 April 2016. The selected species were black medick (BM, *Medicago lupulina*, cv. Ekola) and Alsike clover (AC, *Trifolium hybridum*, cv. Dawn). Monocultures of both species, an equal proportion mixture (50:50) and two further mixtures with different proportions (67:33 and 33:67) were grown, each at three sowing densities (50%, 100% and 150% of recommended density). The above-ground biomass was harvested at three times (at 40, 63 and 145 days after sowing) on four selected 0.5 m long rows per plot per harvest time, and manually separated into different fractions (AC, BM and weeds). The relative mixture effect (Rel. mix effect), transgressive over-yielding (TOY) and the land equivalent ratio (LER) were calculated at each harvest to determine the change in mixture effect over time.

Results and Discussion

In the first harvest, BM showed higher biomass in monoculture than AC and the mixture of each density and proportion (Fig. 1). In the second and third harvests, a positive mixture effect was observed at high density (150%) and at the 50:50 proportion, demonstrating that interaction of the species in the mixture is both time dependent and density dependent. As a species with slower growth rate, AC needs time to establish before starting competition with BM as a species with faster initial growth rate. Weed suppression was consistent with the increase in shoot growth and crop biomass production and was highly visible at high density but again, weed suppression effects depended on time (Fig. 2). Mulching and species identity had a stronger influence on weeds than the mixing of the legume species. The mulching effect was species dependent and density dependent. After mulching showed a maximum effect in BM in monoculture at 100% seed density and negatively affected the regrowth of Alsike clover as the density was increased. Interestingly, the mixture effect, transgressive over-yielding (TOY) and the land equivalent ratio (LER) increased over time and were highest after mulching.

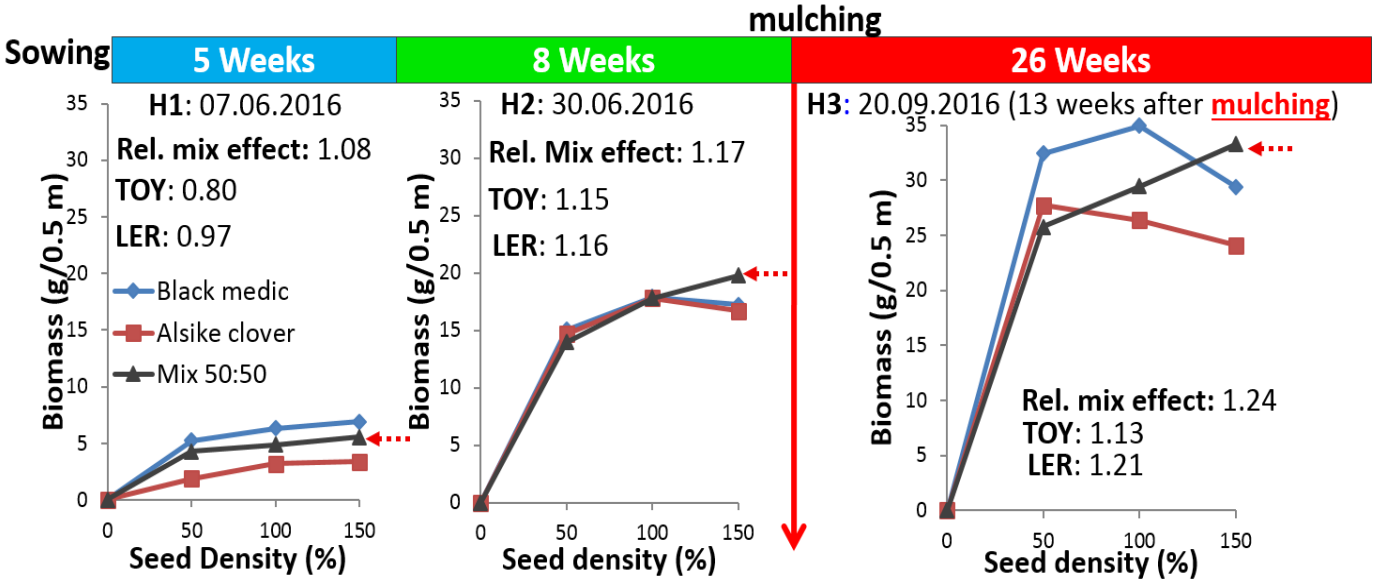


Fig. 1: Biomass, Relative mixture effect, TOY and LER

Symbols are (♦) Black medic, (■) Alsike clover and (▲) mixture of 50:50. Rel. mix effect (Relative mixture effect) or over-yielding is the mixture divided by the average yield of the two species in monoculture. TOY (transgressive over-yielding) is the mixture yield divided by the monoculture yield of the species with the highest yield. LER (land equivalent ratio) = $Y_a$mix/$Y_a$mono + $Y_b$mix/$Y_b$mono.

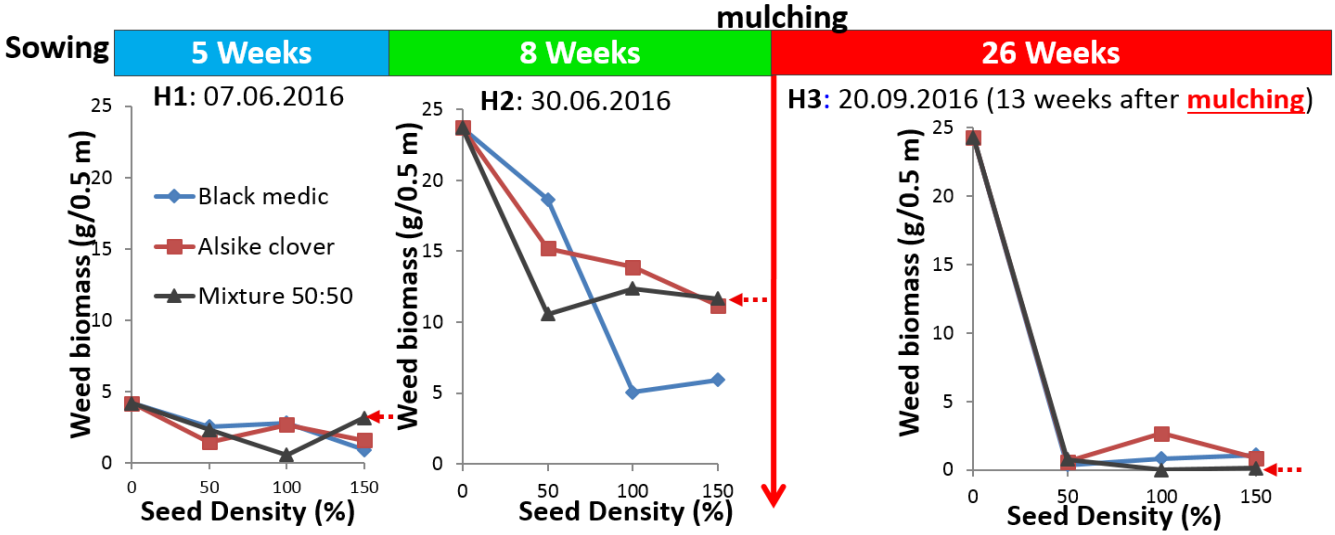


Fig. 2: Weed biomass at three seed densities in monocultures and mixture (50:50) at three harvest time. Symbols as mentioned in Fig. 1. Statistical analysis was done by using student t-test between the mean values of each two groups at the same seed density. The arrow in each panel indicates the weed biomass at 150% seed density and the proportion 50:50.

Acknowledgements

This research is supported by Yousef Jameel Scholarship Fund at Humboldt-Universität zu Berlin. We thank the staff at the university research station in Dahlem for technical support.

References

Döring TF, Baddeley JA, Brown R, et al. 2013. Using legume-based mixtures to enhance the nitrogen use efficiency and economic viability of cropping systems. Project Report for DEFRA No. RD-3447. 190 pp.

Storkey JS, Döring T, Baddeley J, et al. 2015. Engineering an ecosystem to deliver multiple services. Ecological Applications 25: 1034–1043.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 142–143 (2017)

Saatzeitdifferenzierung von Stangenbohnen beim Gemengeanbau mit Mais

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@julius-kuehn.de*

Einleitung

Der Anbau von Stangenbohnen mit Mais im Gemenge kann im Rahmen der Futtererzeugung landwirtschaftlicher Nutztiere die energiereiche Maissilage durch höhere Rohproteingehalte aufwerten. Für den Anbau wird meist empfohlen die Bohnen erst in den Maisbestand zu säen, wenn dieser sich im 4-Blatt-Stadium befindet. Eine synchrone Aussaat beider Pflanzengattungen mit entsprechend angepasster Drilltechnik könnte den Arbeitsaufwand und Kosten reduzieren. Deshalb wird unter konventionellen Anbaubedingungen geprüft, inwiefern sich eine gleichzeitige Aussaat beider Pflanzen im Vergleich zur späteren Zusaat der Bohne auf die Ertragsbildung und den Ertrag auswirkt.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsfeld in Braunschweig-Völkenrode (anlehmiger Sand, 30-35 Bodenpunkte) wurden im Jahr 2016 die Bohnensorten Tarbais (TA) und Grünes Posthörnchen (GP) mit 6 Kö m^{-2} gemeinsam mit Mais (Logo S230/K230, 8 Kö m^{-2}) angebaut. Die Saatzeitpunkte der Bohnen fanden einerseits gemeinsam mit dem üblichen Maissaattermin (09.05.2016, früh) und andererseits zum 4- bis 5-Blatt-stadium des Mais (31.05.2016, spät) statt. Jeweils in einem zweiten Arbeitsgang wurden die Bohnen ca. 15 cm alternierend im Abstand zur der Maisreihe abgelegt. Zusätzlich wurde zum frühen Saattermin mit der Bohnensorte Tarbais eine Aussaat beider Gemengepartner in einem Arbeitsgang durchgeführt (Mischung in der gleichen Saatreihe (Mischanbau)), da ein solches Vorgehen in der Praxis technisch günstiger umsetzbar wäre. Dabei wurde das angestrebte Saatmengenverhältnis von Mais und Bohne gemischt in die Drillaggregate gegeben, letztlich geschah die Verteilung des Saatgutes beider Pflanzengattungen in der Reihe dann zufällig. Als Kontrollvarianten diente Mais in Reinsaat mit der praxisüblichen Saatdichte von 11 Kö m^{-2} als auch mit 8 Kö m^{-2} Eine Behandlung zur Unkrautregulierung erfolgte kurz nach der Aussaat mit einem Gemisch von Stomp (2,8 l/ha) und Spectrum (1,4 l/ha). Zur Stickstoffversorgung wurden die Gemengeparzellen moderat mit 100 kg/ha Kalkammon-salpeter gedüngt, da Bohnen als Leguminose Luftstickstoff binden. Die Mais-Reinsaaten erhielten 150 kg/ha Kalkammonsalpeter.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Feldaufgang konnten die geplanten Saatdichten von Mais und Bohne realisiert werden, wobei die Bohne beim frühen Saattermin ca. 14 Tage benötigte und damit 5 Tage mehr als der Mais. Bei der späteren Zusaat der Bohnen Ende Mai dauerte der Feldaufgang nur 10 Tage. Zu beiden Saatterminen fand der Keimungsprozess von TA immer geringfügig frühzeitiger statt als bei GP.

Die Witterungsbedingungen hinsichtlich der Temperaturen waren während der Wachstumsperiode in den Monaten Mai und Juni ohne Kälteeinbrüche gekenn-zeichnet, so dass insbesondere der wärmeliebende Mais sich kontinuierlich entwickeln konnte. Aufgrund sehr warmer Bedingungen im September reifte der Mais

schnell ab. Insgesamt war es allerdings während der Hauptwachstumsphase des Bestandes sowie der Ertragsbildung von Kolben und Korn sehr trocken. Deshalb erhielt der Pflanzenbestand von Juli bis September insgesamt Beregnungsgaben von 180 mm.
Zur Ernte lag der Trockensubstanzgehalt (TS%) des Mais und Gemengeanbaus zwischen 32,6 und 38,1% (Abb. 1). Die niedrigen Werte erzielten vor allem die Varianten mit den höheren Bohnenanteilen aufgrund der zum Zeitpunkt der Ernte geringer gereiften Bohnenpflanzen (TS%: 18,2 - 23,8). Die Bohnenanteile im Gemenge erreichten Werte zwischen 5,5 und 19,1% (Abb. 1). Dabei lagen alle Mais TA-Varianten höher als jene mit GP. Die höchsten Trockenmasseerträge mit bis zu 218,3 dt ha^{-1} erzielten die Maisreinsaaten (Abb. 1). Dagegen fielen die Erträge der Gemengevarianten meist stärker ab (168,8 bis 192,2 dt ha^{-1}). Der Ertragsrückgang war mit den Bohnenanteilen gekoppelt. Je niedriger der Bohnenanteil, je höher der Ertrag. Vergleichbare Beobachtungen machten Nurk et al. (2015). Die Mischvariante bildete dabei eine Ausnahme. Vermutlich aufgrund der innerhalb der Reihe höheren Konkurrenzeffekte von Mais und Bohne erzielte diese mit 157,4 dt ha^{-1} nur den geringsten Ertrag. Ebenfalls gab es zwischen den Gemengevarianten eine Abhängigkeit zwischen Bohnensorte und Saattermin festzustellen. Bei geringerer Konkurrenzkraft der Bohnen, bedingt durch niedrigere Anteile im Bestand, konnte der Mais den Ertragsrückgang der Bohnen in der Regel wieder ausgleichen. Bei sehr geringen Bohnenanteilen von 5,5% (GP in der Spätsaatvariante) war der Ertrag dann sogar mit 192,2 dt ha^{-1} am höchsten. Dennoch sind mit Hinblick auf das Projektziel den Rohproteingehalt aufzuwerten eher höhere Bohnenertragsanteile erwünscht.

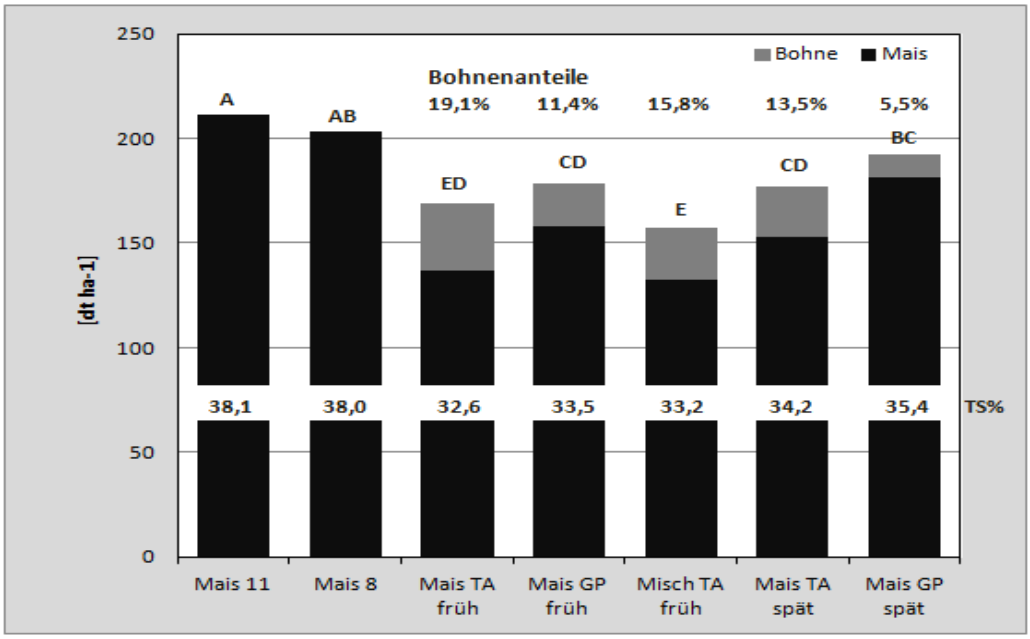


Abb. 1: Erträge, TS-Gehalte und Bohnenanteile des Mais-Stangenbohnen-Anbaus, unterschiedliche Buchstaben weisen auf statistisch signifikante Unterschiede der Varianten hin (p = 0,05, Tukey-Test)

Literatur

Nurk L., Graß R., Hubert S, Wachendorf M und C. Pekrun, 2015. Anbau von Energiemais in Mischkultur mit Stangenbohnen, Entwicklung und Optimierung des Anbausystems – Ergebnisse vom zweiten Versuchsjahr im konventionellen Anbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27:189-190

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 144–145 (2017)

Die Bedeutung verschiedener Stickstofftransferpfade im Erbsen-Getreide-Gemenge

Anke Hupe[1], Hannes Schulz[1], Rainer Georg Joergensen[2], Jürgen Heß[1] und Florian Wichern[3]

[1] Ökologischer Land- & Pflanzenbau, Universität Kassel, Witzenhausen
[2] Bodenbiologie und Pflanzenernährung, Universität Kassel, Witzenhausen
[3] Bodenkunde und Pflanzenernährung, Fakultät Life Sciences, Hochschule Rhein-Waal, Kleve
E-Mail: *a.hupe@uni-kassel.de*

Einleitung

Leguminosen sind aufgrund ihrer Fähigkeit Luftstickstoff zu fixieren, ein wichtiger Teil der Fruchtfolge, insbesondere im ökologischen Landbau. Der fixierte Stickstoff steht nicht nur den Leguminosen zur Verfügung, sondern auch zu einem gewissen Teil den Folgekulturen und Gemengepartnern. In vorliegender Arbeit wurde daher untersucht, welche Bedeutung arbuskuläre Mykorrhiza, Wurzelkontakt oder Diffusion beim N-Transfer von der Erbse zum Gemengepartner haben. Außerdem wurde untersucht, wieviel N aus der Rhizodeposition der Erbse in den Gemengepartner und in die verschiedenen Bodenkompartimente eingebaut wird.

Material und Methoden

Unter kontrollierten Bedingungen wurden in einem Gefäßversuch jeweils eine Erbse (*Pisum sativum* L. cv. Frisson) und 2 Triticale (×*Triticosecale* Wittm. ex. A Camus cv. Benetto) in einem Gefäß mit Ackerboden kultiviert. Um die Rhizodeposition ermitteln zu können, wurden die Erbsen ab BBCH 13 mit einer 2 % ^{13}C Glucose und 0.5% ^{15}N Harnstofflösung markiert. Die Markierung erfolgte mit der Dochtmethode (Russel und Fillery, 1996). Um die verschiedenen Transferpfade (Wurzelkontakt, Diffusion und Mykorrhizierung) beurteilen zu können wurden die Pflanzen in Gefäßen ohne Wurzelraumtrennung, mit einer einfachen Wurzelraumtrennung (30 µm Gaze) und einer doppelten Wurzelraumtrennung (inkl. eines 1mm Abstandes zw. der Gaze) kultiviert. Zur Trockenreife der Erbsen wurde das $^{13}C/^{12}C$ und $^{15}N/^{14}N$ Isotopenverhältnis der Pflanzen und des Bodens ermittelt. Anschließend wurde die N Menge im Boden und im Gemengepartner berechnet, welche aus der Erbsenrhizodeposition stammt (Janzen und Bruinsma, 1989). Die Mykorrhizierung wurde durch Einfärbung der frischen Wurzeln mit Trypanblau und anschließender Gridline Intersection Methode (Kleikamp und Joergensen, 2006) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Knapp 18% der Erbsenwurzeln und 10% der Triticalewurzeln waren zur Trockenreife der Erbse mykorrhiziert. Der Großteil der N Rhizodeposition, welche in der Triticale gefunden wurde, konnte durch Wurzelkontakt transferiert werden (60%). Weitere 38% gelangten durch die Mykorrhizierung und 2% durch Diffusion in den Gemengepartner. (Abb. 1).

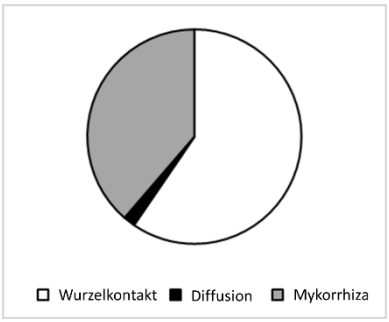


Abb. 1: N Transferwege von Erbse zum Gemengepartner Triticale

Betrachtet man die Stickstoffverteilung (Abb.2), so lässt sich feststellen, dass ca. 6% des Gesamtpflanzen N der Erbse dem unterirdischen Pflanzen N zugeordnet werden konnten. Ein Drittel der N Rhizodeposition wurde in die mikrobielle Biomasse eingebaut, ein kleine Menge ließ sich im extrahierbaren N des Bodens wiederfinden und nur 1,6% der N Rhizodeposition wurden in den Gemengepartner transferiert. Wie zu erwarten war, konnten ca. 2 Drittel im Aufwuchs des Gemengepartners wiedergefunden werden. Ein Drittel des aufgenommenen N Rhizodeposition der Erbse befanden sich in den Triticalewurzeln.

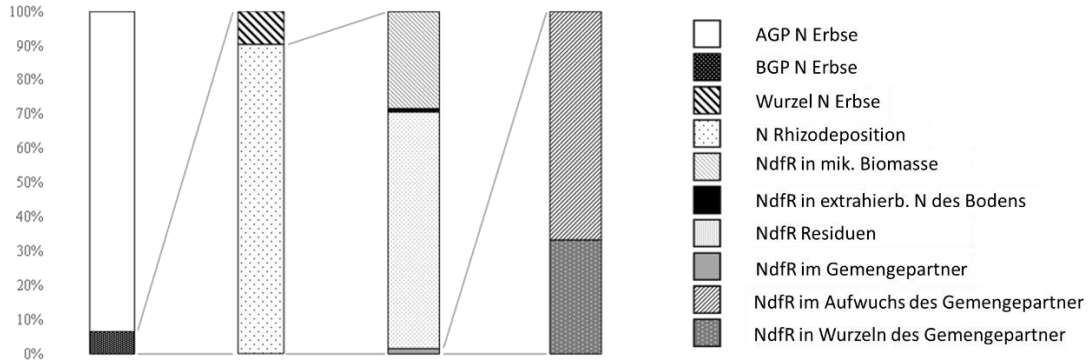


Abb. 2: Darstellung der unterschiedlichen N Fraktionen der Erbse inklusive dem N Transfer in den Gemengepartner Triticale (AGP N - oberirdisches Pflanzen N; BGP N - unterirdisches Pflanzen N; NdfR - N aus der Rhizodeposition stammend)

Es ließ sich feststellen, dass nur ein sehr geringer Teil der Erbsen N Rhizodeposition im Gemengepartner wiederzufinden war. Der weitaus größere Teil lag in Form von Residuen, wie Wurzelfragmenten oder ähnlichem, im Boden vor. Trotz der hohen Nährstoffversorgung und optimalen Wachstumsbedingungen in diesem Versuch, wurde ein relativ großer Teil der N Rhizodeposition durch die Mykorrhiza transferiert. Es lässt sich vermuten, dass dieser Transferpfad und weniger optimalen Bedingungen an Bedeutung gewinnt.

Literatur

Janzen, H.H., Bruinsma, Y. (1989) Methodology for the quantification of root and rhizosphere nitrogen dynamics by exposure of shoots to 15N-labelled ammonia. Soil Biol Biochem 21, 189–196

Kleikamp, B., Joergensen, R.G. (2006) Evaluation of arbuscular mycorrhiza with symbiotic and nonsymbiotic pea isolines at three sites in the Alentejo, Portugal. J Plant Nutr Soil Sc 169, 661-669

Russell, C.A., Fillery, I.R. (1996) Estimates of lupin below-ground biomass nitrogen, dry matter, and nitrogen turnover to wheat. Crop Pasture Sci 47, 1047–1059

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 146–147 (2017)

Beziehung zwischen der N-Rhizodeposition und verschiedenen Wachstumsparametern

Anke Landgraf und Knut Schmidtke

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Dresden. E-Mail: *landgraf@htw-dresden.de*

Einleitung

Während ihres Wachstums geben Pflanzen aufgenommenen Stickstoff zum Teil wieder über die Wurzel in den Boden ab (Rhizodeposition). Bei der Betrachtung der N-Versorgung in Fruchtfolgen mit Leguminosen ist die dadurch entstandene Anreicherung des Bodens mit Stickstoff relevant. Ziel der hier vorgestellten Untersuchungen war es zu ermitteln, inwieweit sich bei Leguminosen von Parametern des pflanzlichen Wachstums auf die Höhe der über Rhizodeposition in den Boden abgegebenen Stickstoffmengen schließen lässt.

Material und Methoden

In Gefäßversuchen im Gewächshaus und unter Freilandbedingungen auf dem Versuchsfeld der Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie der HTW Dresden in Dresden-Pillnitz wurde die Höhe der N-Rhizodeposition der Leguminosenarten Luzerne (*Medicago sativa* L.), Rotklee (*Trifolium pratense* L.), Weißklee (*Trifolium repens* L.), Persischer Klee (*Trifolium resupinatum* L.), Erdklee (*Trifolium subterraneum* L.), Körnererbse (*Pisum sativum* L.) und Phaseolusbohne (*Phaseolus vulgaris* L.) ermittelt. Mittels „split-root technique“ wurde eine kontinuierliche Anreicherung der Leguminosen mit ^{15}N erreicht (Schmidtke 2005).

Datengrundlage der dargestellten Regressionen bildeten die Mittelwerte der Wiederholungen der geprüften Varianten an bis zu drei Probenahmeterminen in den Jahren 2010 und 2011 unter Gewächshaus- und Freilandbedingungen (Landgraf 2016). Auf Basis dieser Mittelwerte entstand eine Stichprobenmenge von 72 Einzelwerten. Jeder Datenpunkt repräsentiert den arithmetischen Mittelwert aus den fünf Wiederholungen einer Variante.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Rhizodepositionsmengen der geprüften Leguminosen wiesen stets einen positiven linearen Zusammenhang zu den Trockenmasseerträgen bzw. akkumulierten N-Mengen (Wurzel, Spross sowie Gesamtpflanze) auf. Zwischen den durch Rhizodeposition abgegebenen N-Mengen und den Gesamtpflanzenerträgen bzw. gesamtpflanzlichen N-Mengen waren teilweise sehr enge positive Zusammenhänge mit einem Bestimmtheitsmaß (r^2) von mehr als 0,8 zu verzeichnen (Abb. 1)

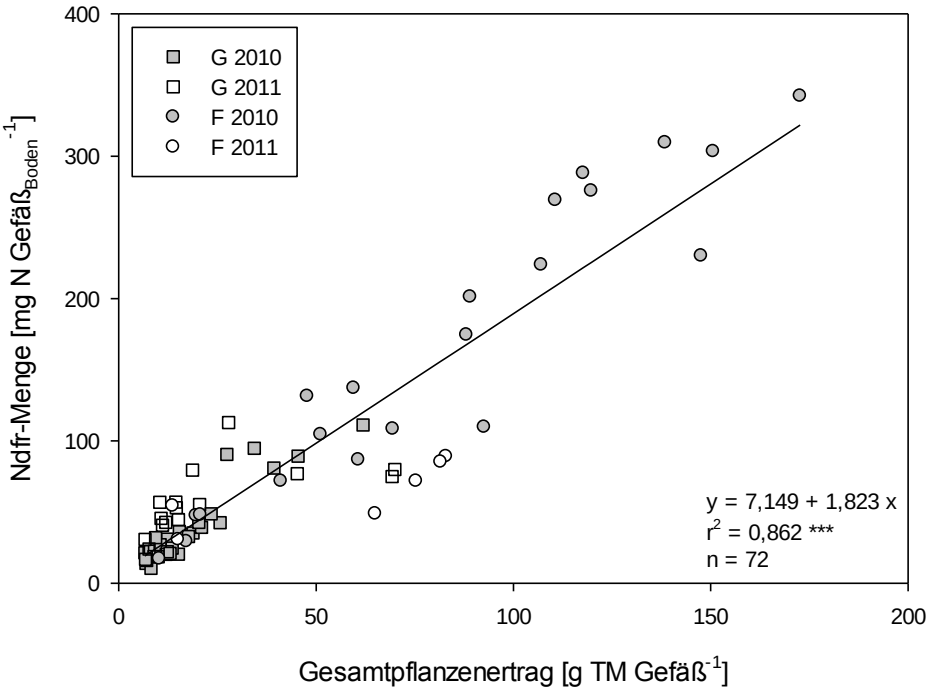


Abb. 1: Regression der N-Menge aus Rhizodeposition (Ndfr-Menge) [mg N Gefäß$_{Boden}^{-1}$] auf den Gesamtpflanzenertrag [g TM Gefäß$^{-1}$] bei den geprüften Leguminosen an bis zu drei Probenahmeterminen in den Jahren 2010 und 2011 unter Gewächshaus- (G) und Freilandbedingungen (F)

Die engen positiven Zusammenhänge zwischen der N-Rhizodepositionsmenge und den Gesamtpflanzenerträgen bzw. gesamtpflanzlichen N-Mengen lassen folgenden Schluss zu: Die Biomasseentwicklung der Pflanzen bestimmt maßgeblich, welche Stickstoffmengen über Rhizodeposition in den Boden abgegeben werden. Wächst eine Pflanze unter idealen Wachstumsbedingungen, dann bildet sie größtmögliche Wurzel- und Sprosserträge aus. Infolge dessen ist sie in der Lage, hohe N-Mengen über Rhizodeposition in den Boden abzugeben.
Anteilig an der gesamtpflanzlichen N-Menge unterschieden sich die N-Rhizodepositionsmengen zwischen den geprüften Leguminosenarten weder im Gewächshaus noch im Feld signifikant voneinander, so dass der Einflussfaktor Pflanzenart und –sorte auf die Höhe der N-Rhizodeposition nicht nachzuweisen war. Der Einfluss der Umwelt auf die untersuchten Kenngrößen der Pflanzenentwicklung fiel sehr viel deutlicher aus, hatte jedoch letztlich keinen Einfluss auf den Quotienten aus der Rhizodepositionsmenge anteilig am gesamtpflanzlichen Stickstoff

Literatur

Landgraf, A. 2016: Einfluss von Genotyp und Umwelt auf die N-Rhizodeposition von Leguminosen. Dissertationschrift, Technische Universität Bergakademie Freiberg.

Schmidtke, K. 2005: How to calculate nitrogen rhizodeposition: a case study in estimating N rhizodeposition in the pea (*Pisum sativum* L.) and grasspea (*Lathyrus sativus* L.) using a continuous ^{15}N labelling split-root technique. Soil Biology and Biochemistry 37, 1893-1897.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 148–149 (2017)

Der Effekt von Bestandeszusammensetzung und Nutzungsfrequenz auf Ertragsleistung und Zuwachsraten von Kleegrasbeständen

H. Lorenz, R. Loges, C. Kluß und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Kiel, Email: *hlorenz@gfo.uni-kiel.de*

Einleitung

Innerhalb eines Rotationsweidesystems werden mehrere Teilflächen sukzessive beweidet. Die Höhe des zu beweidenden Aufwuchses wird dabei sowohl durch die Länge der Weideruhe, bzw. das Nutzungsintervall (Chestnutt et al. 1977) als auch die Artenzusammensetzung der Weide beeinflusst. Durch die Beimischung von Futterkräutern bspw. kann der ernährungsphysiologische Wert des Weidefutters erhöht werden (Pirhofer-Walzl et al. 2011). In dieser Studie wurden Bestände einer Vielarten- und einer Kleegrasmischung hinsichtlich ihrer Ertragsbildung unter dem Einfluss unterschiedlicher Nutzungsintervalle verglichen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf dem Versuchsgut für ökologischen Landbau „Lindhof“ (Ø 8.8°C, 769 mm Jahresniederschlag) der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in den Jahren 2014 und 2016 durchgeführt. Die Bestände wurden jeweils im Vorjahr als Untersaaten angelegt. Das Versuchsdesign war ein Split-Plot-Design mit den zwei Faktoren Saatmischung und Nutzungshäufigkeit in vier Wiederholungen. Die drei Nutzungshäufigkeiten waren 4 (6-7 wöchig, Abk. 6-7W), 8 (4-wöchig, Abk. 4W) und 11 (3-wöchig, Abk. 3W) Nutzungen.

Tab. 1: Faktor Saatmischung (Artenzusammensetzung und Saatstärken)

Art	Lateinischer Name	Sorte	Saatstärke (kg ha^{-1})	
			Mischung 1	Mischung 2
Dt. Weidelgras	*Lolium perenne*	Delphin	20	10
Rotklee	*Trifolium pratense*	Atlantis	6	3
Weißklee	*Trifolium repens*	Vyoscan	3	1,5
Hornschotenklee	*Lotus corniculatus*	Lotanova		5
Zichorie	*Cichorium intybus*	Spadona		2
Kleiner Wiesenknopf	*Sanguisorba minor*	Burnet		2
Spitzwegerich	*Plantago lanceolata*	"Wildtyp"		1,5
Wiesenkümmel	*Carum carvi*	Volhouden		2
Gesamt			29	27

Die verwendeten Saatmischungen waren eine Kleegrasmischung (Mischung 1) sowie eine Vielartenmischung (Mischung 2). Ihre Zusammensetzung ist in Tab. 1 dargestellt. Die Nutzungshäufigkeiten wurden gewählt um ein Rotationsweidesystem zu simulieren und mit einer 4-Schnitt-Nutzung vergleichen zu können. Ein System von Schnittserien, in Anlehnung an Corrall und Fenlon (1978), erlaubte eine wöchentliche Probenahme in den 3- und 4-wöchigen Systemen während gleichzeitig jede Parzelle nur im vorgegebenen Rhythmus beprobt wurde. Zur Probenahme wurde auf Flächen von 0,25 m^2 das Material oberhalb einer Wuchshöhe von 5 cm von Hand geerntet. Für die statistische Auswertung wurde ein lineares gemischtes Modell mit den Faktoren Saatmischung, Nutzungshäufigkeit und Jahr verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Reduktion der Saatstärken von Dt. Weidelgras, Rot- und Weißklee zugunsten der Beimischung von Kräutern und Hornschotenklee unter verschiedenen Nutzungshäufigkeiten nicht zu einer Minderung des Jahresertrages führten (Abb. 1). In 2014 erzielte die Vielartenmischung unter 3-wöchiger Beerntung einen höheren Ertrag als das Kleegras (*P<0,01*). Bei niedrigeren Schnittfrequenzen sowie im Jahr 2014 war dieser Effekt nicht signifikant. Unter hohen Schnittfrequenzen zeigte sich 2014 in der Vielartenmischung ein Effekt der reduzierten Saatstärken von Dt. Weidelgras, Rot- und Weißklee durch geringere Erträge dieser Arten. Die Lücke im Gesamtertrag wurde jedoch in allen Varianten durch die beigemischten Kräuter, hauptsächlich Zichorie und Spitzwegerich, geschlossen. Ein negativer Effekt einer hohen Schnittfrequenz auf den Gesamtertrag wurde 2014 festgestellt. Entscheidend für die Ertragsdifferenz war der Ertrag des Rotklees, welcher am stärksten zwischen den Nutzungshäufigkeiten variierte. Im Jahr 2016 führte ein unerwartet niedriges Wachstum des Rotklees, zurückzuführen auf ungünstige Wetterbedingungen nach der Aussaat in 2015, zu niedrigeren, nicht signifikanten Unterschieden zwischen den Nutzungshäufigkeiten.

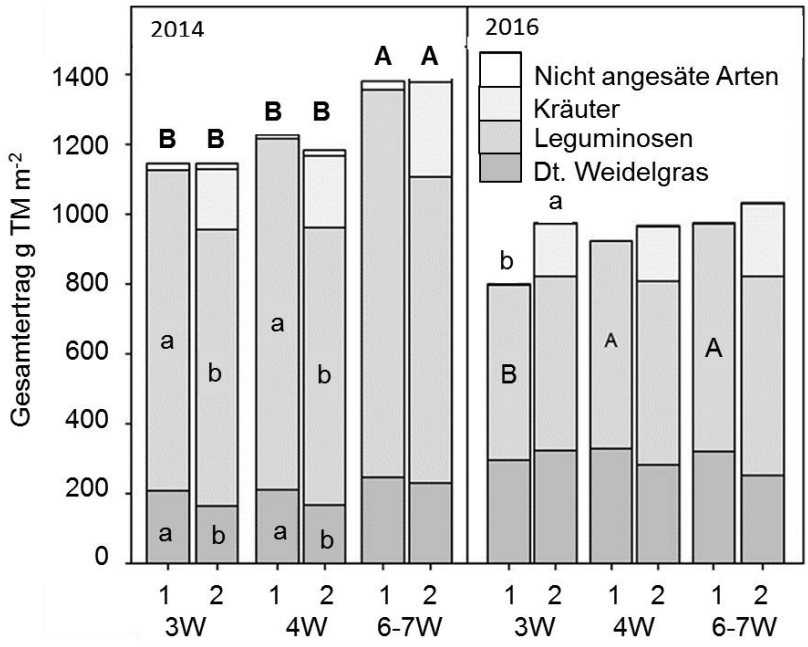


Abb. 1: Gesamt-TM-Erträge (g TM m^{-2}) aller Nutzungshäufigkeiten (3W, 4W, 6-7W) und Saatmischungen (1, 2). Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (P<0.05) zwischen Nutzungshäufigkeiten, Kleinbuchstaben zwischen Saat-mischungen, fett gedruckte Buchstaben beziehen sich auf den Gesamtertrag.

Literatur

Corrall, A.J.; Fenlon, J.S. (1978) A comparative method for describing the seasonal distribution of production from grasses. *Journal of Agricultural Science* 91, 61–67.

Chestnutt, D. M. B.; Murdoch, J. C.; Harrington, F. J.; Binnie, R. C. (1977) The effect of cutting frequency and applied nitrogen on production and digestibility of perennial ryegrass. *Grass and Forage Science* 32, 177–183.

Pirhofer-Walzl, K.; Søegaard, K.; Høgh-Jensen, H.; Eriksen, J.; Sanderson, M. A.; Rasmussen, J. (2011) Forage herbs improve mineral composition of grassland herbage. *Grass and Forage Science* 66, 415–423.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 150–151 (2017)

Ober- und unterirdische Biomasse in additiven und substitutiven Erbsen-Hafer-Gemengen

Catharina Meinen und Rolf Rauber

Georg-August-Universität, Department für Nutzpflanzenwissenschaften/Pflanzenbau, Göttingen.
E-Mail: *catharina.meinen@agr.uni-goettingen.de*

Einleitung

Gemenge zeigen gegenüber Reinsaaten häufig höhere Erträge, effektivere Ressourcennutzung und verringerte Nährstoffauswaschung aus dem Boden. Die Wurzelverteilung von Erbse und Hafer gibt Rückschlüsse auf die Fähigkeit dieser Pflanzen, potenziell erreichbare Wasser- und Nährstoffvorräte zu nutzen und Nährstoffauswaschungen zu verringern. Mittels Fourier-Transform Infrarot (FTIR) Spektroskopie können Artanteile in der Gesamtwurzelmasse der Gemenge bestimmt werden (Meinen & Rauber 2015).

Material und Methoden

In einem Feldversuch (2014, Blockanlage, vier Wiederholungen) wurden die ober- und unterirdische Biomasse von Erbse und Hafer in Reinsaat und in drei Gemengen erfasst. Fünf Aussaat-Varianten wurden untersucht: Reinsaat Erbse „Santana“, Reinsaat Hafer „KWS Contender“, Gemenge mit 100 % Erbse und 20 % Hafer (E100/E20) bzw. 50 % Hafer (E100/H50) sowie ein Gemenge mit 50 % Erbse und 50 % Hafer (E50/H50). Spross- (2. Juni) und Kornerträge (31. Juli) wurden erhoben. Des Weiteren wurde der jeweilige Prozentanteil der Arten an der Wurzelgesamtmasse (2. Juni) von 0-90 cm Tiefe mittels FTIR-Spektroskopie bestimmt. In den Gemengen wurde der relative Mehrertrag (RYT) für Spross, Wurzel und Korn berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sprosserträge im Juni zeigen keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten. Der höchste Sprossertrag wird im substitutiven Gemenge E50/H50 mit 53,2 dt/ha erreicht. Den signifikant höchsten Kornertrag zeigt die Erbsenreinsaat mit 82,1 dt/ha (Abb. 1). Die hohen Erbsen-Aussaatstärken in den additiven Gemengen E100/H20 und E100/H50 führen nicht zu einer proportionalen Erhöhung des Erbsenanteils in Spross und Korn (Abb 1). Der Haferanteil im Spross- und Kornertrag der Gemenge steigt signifikant mit steigenden Hafer- und sinkenden Erbsenaussaatstärken. Im substitutiven Gemenge E50/H50 liegt der Erbsenkornanteil deutlich unter und der Haferkornanteil deutlich über dem erwarteten Anteil.

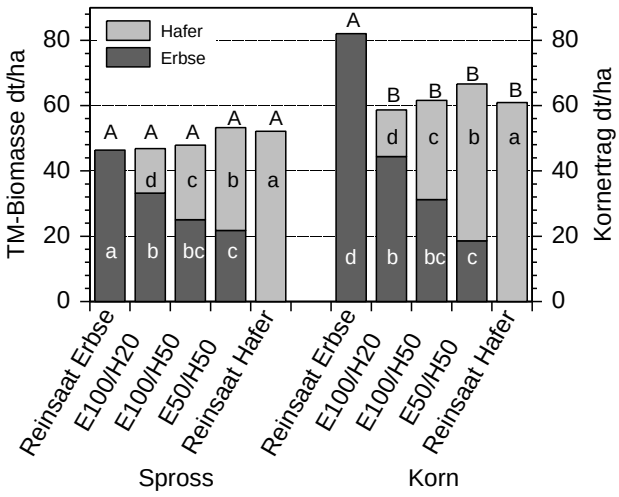


Abb. 1: Oberirdische Biomasse (dt/ha; Juni 2014) und Kornertrag (dt/ha; Juli 2014) der Reinsaaten Erbse und Hafer sowie der Gemenge E100/H20, E100/H50 und E50H50. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Artanteile (Kleinbuchstaben) und des Gesamtertrags (Großbuchstaben) von Spross und Korn bei $p<0,05$ (Tukey).

Die Wurzeltrockenmassen variieren zwischen 4,1 dt/ha (Reinsaat Erbse) und 12,1 dt/ha (Reinsaat Hafer) (Abb. 2). Die signifikant höchsten Wurzeltrockenmassen zeigen Reinsaat Hafer und das Gemenge E50/H50, indem auch die Haferwurzeln den größten Anteil einnehmen. Die signifikant geringste Wurzelmasse werden in der Reinsaat Erbse, in E100/H20 und E100/H20 gebildet. Die Erbsenanteile in allen Gemengen liegen auf einem ähnlichen Niveau (2,7-3,0 dt/ha), jedoch bildet Gemenge E100/H50 signifikant geringere Wurzelmassen als die Erbsenreinsaat bei gleicher Erbsenaussaatstärke (Abb. 2). Der Haferanteil der Wurzeln steigt vom E100/H50 zu E50/H50 signifikant an und reagiert damit auf eine geringere interspezifische Konkurrenz mit Erbse im E50/H50.

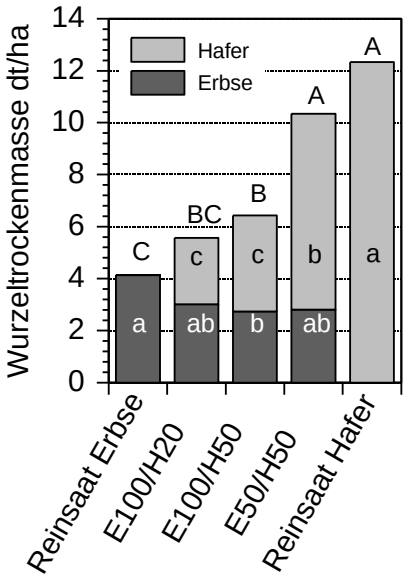


Abb. 2: Wurzeltrockenmasse (dt/ha) (Juni 2014) der Reinsaaten Erbse und Hafer sowie den Gemengen E100/H20, E100/H50 und E50H50. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede innerhalb der Artanteile (Kleinbuchstaben) und der gesamten Wurzeltrockenmasse (Großbuchstaben) bei p<0,05 (Tukey).

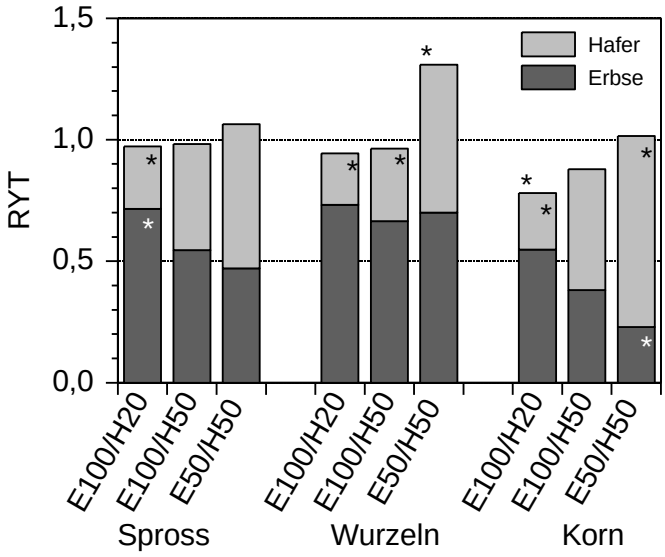


Abb. 3: Relativ yield total (RYT) von Spross, Wurzeln und Korn der Gemenge E100/H20, E100/H50 und E50H50. * kennzeichnen signifikanten Unterschiede der Artanteile gegen RY=0,5 und RYT=1; p<0,05 (Tukey).

Die höchsten RYT Werte sind in Spross (1,1), Wurzeln (1,3) und Korn (1,0) beim substitutiven Gemenge E50/H50 zu finden. Bei den Wurzeln ist der RYT dort signifikant höher als 1. Der relative Erbsenanteil im Spross ist im additiven Gemenge E100/H20 signifikant höher als 0,5 und im Korn signifikant niedriger. Der Haferanteil ist im substitutiven Gemenge E50/H50 durchweg höher als in den additiven Gemengen. Der Haferanteil im substitutiven Gemenge in Spross, Wurzeln und Korn ist für die Erhöhung des RYT gegenüber den additiven Gemengen verantwortlich. Das additive Gemenge E100/H20 zeigt einen signifikanten Minderertrag gegenüber der Reinsaat.

Literatur

Meinen C and Rauber R (2015) Root discrimination of closely related crop and weed species using FT MIR-ATR spectroscopy. Front. Plant Sci. 6:765. doi: 10.3389/fpls.2015.00765

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 152–153 (2017)

Anbau der Blauen Lupine im Vergleich zur Futtererbse unter bayerischen Standortbedingungen

Miriam Ostermaier[1], Irene Jacob[2] und Peer Urbatzka[1]

[1] Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2] Naturland Fachberatung, Hohenkammer.
E-Mail: *Miriam.Ostermaier@lfl.bayern.de*

Einleitung

Der Leguminosenanbau spielt im ökologischen Landbau eine bedeutende Rolle. Neben den etablierten Körnerleguminosen Erbse und Ackerbohne könnte zukünftig auch die Blaue Lupine als Eiweißpflanze in Bayern angebaut werden. Obwohl sie als die Süßlupine mit der geringsten Anthraknoseanfälligkeit der genutzten Lupinenarten gilt (Böhme et al. 2016), liegt die Anbaufläche der Blauen Lupine in Bayern momentan nur bei 1,5 % der deutschen Süßlupinenanbaufläche (Mittel 2009 - 2014: Stat. Bundesamt 2016). Sie wird aktuell vor allem im Nordosten Deutschlands angebaut. Um zu einer Erweiterung der Fruchtfolge im ökologischen Landbau und der Verbesserung der Versorgung mit heimischem Eiweiß in Bayern beizutragen, wird seit 2012 der Anbau der Blauen Lupine auf bayerischen Standorten geprüft. In den ersten Versuchsjahren wurde eine grundsätzliche Anbauwürdigkeit der Blauen Lupine auf geeigneten leichten bis mittleren Böden festgestellt. (Ostermaier et al. 2017). Seit 2015 wird die Blaue Lupine auch im Vergleich zur Futtererbse geprüft.

Material und Methoden

In einem einfaktoriellen lateinischen Rechteck wurden von 2015 - 2016 vier Sorten der Blauen Lupine (Boregine, Probor, Mirabor und Boruta) mit vier Erbsensorten (Alvesta, Astronaute, Salamanca und Tip) in Feldversuchen auf drei ökologisch bewirtschafteten Standorten in Oberbayern (langjährige Mittel: Hohenkammer: 7,5 °C und 788 mm; Puch: 7,9 °C und 978 mm) und Mittelfranken (Triesdorf: 7,7 °C und 632 mm Niederschlag) auf sandigem Lehm und lehmigem Sand in je vier Wiederholungen geprüft. Die Parzellengröße betrug 20 m². Während des Wachstums wurden die Pflanzen auf pflanzenbauliche Merkmale und Krankheiten nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (2000) bonitiert. Der Student-Newman-Keuls Test (SNK) wurde mit SAS durchgeführt. Die Kornerträge wurden aus Triesdorf in 2015 aufgrund eines zu hohen pH-Wertes des Bodens (pH 7,3) und aus Triesdorf und Puch in 2016 wegen Staunässe nicht in das mehrjährige Mittel einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die durchschnittlichen zweijährigen Kornerträge unterschieden sich nicht signifikant zwischen den verschiedenen Sorten der Erbsen und Blauen Lupinen (SNK: F=0,64, p=0,72; Abbildung 1). Mit Ausnahme der Erbsensorte Tip war der Rohproteinertrag bei den Blauen Lupinen mit durchschnittlich 11,9 dt/ha aber signifikant höher als bei den Erbsen mit 8,2 dt/ha. Somit zeigte sich durch den hohen Rohproteingehalt (Abbildung 1) und folglich hohen Rohproteinertrag ein Vorteil der Blauen Lupine gegenüber der Erbse, welcher besonders hinsichtlich der menschlichen und tierischen Ernährung von Bedeutung ist. Staunässe schwächte in Puch (2016) sowohl die Erbsen als auch die Lupinen. Dennoch waren die Blauen Lupinen den Erbsen deutlich überlegen. Bei den Erbsen kam es auf dem Schlag mit häufigem Leguminosenanbau durch einen zusätzlichen Befall mit Fußkrankheiten (mittlere

Boniturnote 7,3) zu einem Totalausfall, wohingegen die Lupinen, welche nicht mit Fußkrankheiten befallen waren, noch einen Kornertrag von 14,9 dt/ha im Mittel aufwiesen. Auch am Standort Hohenkammer wurden in 2016 Fußkrankheiten in den Erbsen festgestellt (mittlere Boniturnote 2,4), während die Blauen Lupinen gesund blieben. Weitere Versuchsjahre sollen diese Ergebnisse absichern.

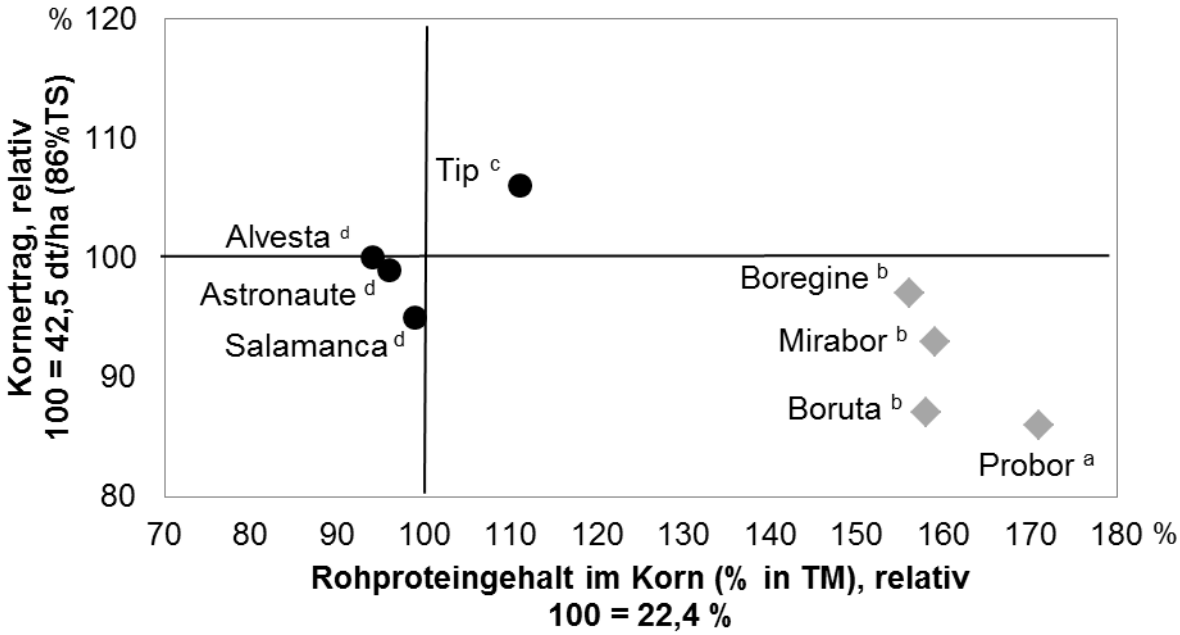


Abbildung 1: Relativer Rohproteingehalt (SNK, verschiedene Buchstaben bei signifikanten Unterschieden, α = 0,05) und Ertrag der Erbsen und Blauen Lupinen (adjustierte Mittelwerte 2015-2016).

Auf geeigneten Standorten - Sande bis sandige Lehme mit einem pH-Wert bis maximal 6,8 (Böhme 2016) - scheint die Blaue Lupine hinsichtlich des Befalls mit Fußkrankheiten und der Rohproteinerträge eine geeignete Alternative zu Erbsen zu sein. Ein vermehrter Lupinenanbau in Bayern könnte zukünftig zur Sicherung und Verbesserung der Versorgung mit heimischem Eiweiß für die Tierernährung und die Nahrungsmittelproduktion und einer Erweiterung der Fruchtfolge im ökologischen Landbau beitragen.

Literatur

Bundessortenamt (2000) Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch, Hannover.

Ostermaier M, Jobst F, Deyerler M , Heinz M, Urbatzka P & Jacob I (2017) Die Anbauwürdigkeit der Blauen Lupine in Bayern. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 46-47.

Böhme A, Dietze M, Gefrom A, Priepke A, Schachler B, Struck C, Wehling P (2016) Lupinen – Anbau und Verwertung. Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V.

Statistisches Bundesamt (2016) Land- und Forstwirtschaft, Fischerei – Wachstum und Ernte – Feldfrüchte. Fachserie 3 Reihe 3.2.1. Artikelnummer: 2030321157164. Wiesbaden.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 154–155 (2017)

Pflanzenbauliche Strategien zur Optimierung des Feldaufganges und der Ertragsleistung von Öko-Gemüsespeiseerbsen

Frank Pötzsch, Guido Lux und Knut Schmidtke

Hochschule für Technik und Wirtschaft Dresden, Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie, Fachgebiet Ökologischer Landbau. E-Mail: *frank.poetzsch@htw-dresden.de*

Einleitung

Produktionsbedingt werden für den Anbau von Öko-Gemüsespeiseerbsen frühe Saattermine und sehr frühreife Sorten genutzt, die eine frühe Ernte gewährleisten. Gravierender Nachteil des frühen Saattermins ist es, dass, bedingt durch geringe Bodentemperaturen und hierdurch geförderten Pilzbefall der Erbsen (HOFFMANN & SCHUTTERER 1999), häufig nur ein vergleichsweise geringer Feldaufgang (FA) erreicht wird, in dessen Folge auch Ertragseinbußen und ein erhöhter Beikrautbesatz zu verzeichnen sind. Ziel des Forschungsprojektes war es, ein geeignetes pflanzenbauliches Verfahren zu identifizieren, mit dem der Feldaufgang und der Anbauerfolg von Gemüsespeiseerbsen im ökologischen Landbau gesteigert werden kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2016 und 2017 wurden Feldversuche auf jeweils drei sächsischen Standorten zur Optimierung des Gemüsespeiseerbsenanbaus auf langjährig (> 10 Jahre) ökologisch bewirtschafteten Ackerflächen durchgeführt. Die Anlage der Feldversuche erfolgte als randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung mit einer Parzellengröße von 11.0 m × 1.35 m. Es wurden in dieser Feldversuchsserie sechs pflanzenbauliche Strategien (Varianten) geprüft:
Dammkultur (D), Kompostbettung (K), Saatgutbehandlung mit dem Pflanzenstärkungsmittel Rhizovital (R), Saatgutbehandlung mit dem Pflanzenstärkungsmittel Tillecur (T), Saatgutbehandlung mit Gesteinsmehl (G) und Saatgutbehandlung mittels Osmopriming (P). Es wurde zusätzlich eine nicht behandelte Kontrollvariante etabliert (O). Die Gemüsespeiseerbse (Sorte Crescendo – frühe Reifegruppe) wurde in einer Saatdichte von 110 keimfähigen Samen m^{-2} und einem Reihenabstand von 0,15 m ausgesät. Der FA wurde zu fünf Terminen je Standort und Jahr bonitiert. Die von Hand geernteten Teilkomponenten Erbsenspross- und Unkrautmasse wurden jeweils bis zur Gewichtskonstanz bei 105°C getrocknet und deren TM-Gehalte berechnet. Je Parzelle wurden an 10 Pflanzen Wurzeln und Stängel auf Läsionen untersucht, um den Pilzbefall zu bonitieren. Zur Ermittlung des Frischmasse-Kornertrags wurden je Parzelle 5,4 m^2 von Hand geerntet und anschließend ausgedroschen und der Tenderometerwert (TW) der Körner ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Der FA sowie die Ergebnisse der Beerntung und Bonitur der Versuche sind zusammengefasst in Tabelle 1 dargestellt. Die aufgeführten Mittelwerte entsprechen dem Mittel aus allen drei Versuchsstandorten pro Jahr (FA pro zwei Jahre). Der FA der Gemüsespeiseerbsen lag im Mittel über beide Jahre und alle Standorte zwischen 75 % (T) und 82 % (O). In den mit Tillecur behandelten Parzellen war der FA

signifikant geringer, als in den Varianten O, K, D und G. Die vor Versuchsbeginn vermuteten positiven Effekte der Aussaat in einen circa 5 cm hohen Damm (bessere Bodenerwärmung und geringere Nachtabsenkung der Bodentemperatur) sowie das Vorkeimen des Saatgutes mittels Priming–Verfahren, führten nicht zu einem verbesserten FA. Tillecur wirkte sich nachweislich hemmend auf die Keimung der Erbsen und somit auf den FA aus. Die nachfolgenden Parameter wurden für alle Varianten, bis auf die Priming–Variante, erhoben. Der Kornertrag lag im Mittel bei 23 dt FM ha^{-1} und unterschied sich, wie auch der TW, nicht signifikant zwischen den Varianten. Der TW von im Mittel 120 psi spricht für die hohe Qualität des Erntegutes in Bezug auf den Reifegrad der Körner. Auch in Bezug auf den Sprossmasseertrag und den Beikrautbesatz konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Verfahren nachgewiesen werden.

Tab. 1: FA, Kornertrag, TW, Erbsen- und Beikraut-Spross-TM sowie Ergebnisse der Bonituren auf Pilzbefall an Wurzel und Stängel der Erbsenpflanzen

Jahr	2016+2017	2016							
	Feld-	Kornertrag	Tenderometer	Spross	Spross	Wurzel (2016)		Stängelbasis (2016)	
	aufgang	Drusch	wert	Erbse	Beikraut	Befalls-	Läsions-	Befalls-	Läsions-
Variante	[%]	[dt FM ha^{-1}]	[psi]	[dt TM ha^{-1}]	[dt TM ha^{-1}]	häufigkeit [%]	länge [cm]	häufigkeit [%]	länge [cm]
Kontrolle	82 a	23,0	122	21,3	11,6	95	2,9 ab	38	0,7
Kompost	80 a	22,3	121	21,1	14,9	98	3,4 ab	29	0,6
Damm	81 a	23,5	118	21,6	11,7	99	4,4 a	34	0,7
Gesteinsmehl	77 a	23,3	120	19,1	14,1	100	3,2 ab	40	0,7
Rhizovital	74 ab	25,1	119	21,1	14,1	100	3,6 ab	34	0,7
Tillecur	64 b	21,1	118	16,9	13,7	95	2,5 b	28	0,6
Priming	75 ab	-	-	-	-	-	-	-	-
Mittelwerte	-	23,1	120	20,2	13,4	98	-	34	0,7
t-Test	***	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede $p < 0,05$ Tuckey; Signifikanzniveau: n.s. nicht signifikant.; $p < 0,05$ (*), $p < 0,001$ (**)

Die Bonituren auf Pilzbefall bezogen sich in erster Linie auf die Ascochyta–Fuß- und Brennfleckenkrankheiten. Deutlich erkennbar ist die geringere Befallshäufigkeit des Stängels (34 %) im Vergleich zur Wurzel (98 %), die als spezifisch für den saatgut- und bodenbürtigen Erreger-Komplex einzustufen ist (HOFFMANN & SCHUTTERER 1999). Die Läsionslänge an der Wurzel war in der mit Tillecur behandelten Variante mit 2,5 cm signifikant geringer, als in der Dammvariante mit 4,4 cm. Die Behandlung des Saatgutes mit Tillecur zeigte demnach eine nachweislich hemmende Wirkung auf die Ausbreitung der Läsionen im Wurzelbereich der Erbsen, was allerdings ohne Auswirkungen auf den Feldaufgang und den Ertrag der Erbsen blieb. Die hohe Befallsintensität des Wurzelbereichs mit den Erregern des Ascochyta–Komplexes im Dammverfahren ist damit zu begründen, dass die angestrebte Ablagetiefe von 3 cm durch die Dammformung überschritten wurde und der für die Infektion des jungen Pflanzengewebes kritische Weg von der Keimung bis zum Durchstoßen der Bodenoberfläche dadurch verlängert wurde. Allerdings blieben auch diese negativen Auswirkungen auf die Pflanzengesundheit ohne Ertragseffekte. Die sechs Verfahren zur Optimierung des Feldaufgangs und der Ertragsleistung von Gemüsespeiseerbsen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus sind nach bisherigen Erkenntnissen, aufgrund des Mehraufwands an Produktionsmitteln und Zeit, nicht zu empfehlen. Eine abschließende Bewertung der sechs Verfahren ist allerdings erst nach Abschluss und Auswertung beider Versuchsjahre (2016/2017) möglich.

Literatur

HOFFMANN, G. M. & SCHUTTERER, H. (1999): Parasitäre Krankheiten und Schädlinge an landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Eugen Ulmer Stuffgart, 563 – 566

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 156–157 (2017)

Vorfruchtwirkungen von unterschiedlichen Leguminosenarten auf legume Hauptfrüchte unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Anna Ostermayr[1], Andrea Winterling[1], Irene Jacob[2] und Peer Urbatzka[1]

[1] Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2] Naturland Fachberatung, Hohenkammer.
E-Mail: *anna.zvorykina@lfl.bayern.de*

Einleitung

Im ökologischen Landbau sind Leguminosen ein wichtiger Bestandteil der Fruchtfolgen. Da Leguminosen anfällig für bodenbürtige Krankheiten sind, ist das Einhalten von Anbaupausen von großer Bedeutung (Jacob & Vogt-Kaute, 2017). Leguminosenmüdigkeit wird zum Teil durch häufigen Leguminosenanbau verursacht (Rehm et al., 2014). Bis jetzt sind die Vorfruchtwirkungen und Anbaupausen zwischen unterschiedlichen Leguminosenarten wenig erforscht (Zingg, 2016). Mit dem Ziel mehr Informationen über die Vorfruchtwirkungen zu erhalten, führte die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in den Anbaujahren 2014/2015 und 2016/2017 Feldversuche zu Auswirkungen von vorlaufenden Zwischenfrüchten auf drei legume Hauptfrüchte durch.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden an den Standorten Hohenkammer (Braunerde, toniger Lehm, Ackerzahl 48; langjährige Mittel: 816 mm; 7,8 °C) und Puch (Braunerde, Lehm, Ackerzahl 65; langjährige Mittel: 915 mm; 8,2 °C) durchgeführt. An beiden Standorten wurden im August 2014 acht Zwischenfruchtvarianten (ohne Vorfrucht, Sommerraps, Futtererbse, Ackerbohne, Blaue Lupine, Sommerwicke, Rotklee und Alexandrinerklee) in vier Wiederholungen angelegt und im November umgebrochen. Im Frühjahr 2015 wurden drei Hauptfruchtvarianten (Futtererbse, Ackerbohne und Rotklee) ausgesät. Die Bestände wurden regelmäßig bonitiert, besonders für Fußkrankheiten (1-9), Mängel (1-9) und Verunkrautung (%). Die Erträge wurden nach BMELV (2011) in Getreideeinheiten und der Deckungsbeitrag im Internetdeckungsbeitragsrechner der LfL bei Beibehaltung der Vorbelegung berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

In Hohenkammer gab es bei Futtererbsen keinen Ertragsunterschied im Hinblick auf die verschiedenen Vorfruchtvarianten. Der Ertrag fiel aufgrund eines sehr starken Befalls mit Fußkrankheiten mit 1 dt/ha sehr gering aus (Tab. 1 und 2). Die häufigsten Pathogenen waren *Fusarium oxysporum* und *Phoma medicaginis*. Die Variante nach Futtererbse zeigte einen höheren Befall als die Varianten ohne Vorfrucht, Sommerraps, Sommerwicke, Rotklee und Alexandrinerklee (Tab. 1). Der Verunkrautungsgrad von Futtererbse korreliert mit dem Befall mit Fußkrankheiten (Korrelationskoeffizient 0,85), weil die geschwächten Pflanzen das Unkraut nicht unterdrücken können. In Puch wurden die Futtererbsen aufgrund eines sehr hohen Befalls mit Fußkrankheiten frühzeitig umgebrochen (Tab. 1). Auch die Ackerbohnen zeigten an beiden Standorten zwischen den Varianten keine signifikanten Unterschiede in den Ertragswerten. Im Gegensatz zu den Erbsen waren die Ackerbohnen in Hohenkammer relativ gesund, in Puch waren sie mäßig mit

Fußkrankheiten befallen. In Hohenkammer wurde der Rotklee zwei Mal geerntet und mit einer Ausnahme kein Ertragsunterschied festgestellt (Tab. 1). In Puch war der Trockenmasseertrag von Rotklee im ersten Schnitt in der Variante nach Rotklee signifikant höher als in den anderen Varianten (Tab. 1). Beim zweiten und dritten Schnitt gab es mit einer Ausnahme ebenfalls keine signifikanten Unterschiede.

Tab. 1 Ertrag und Bonituren der Hauptfrüchte

	Trockenmasseertrag dt/ha					Kornertrag dt/ha			Verunkraut-ungsgrad %	Fußkrank-heiten[1] (1-9)	
	Hohenkammer		Puch			Hohenkammer		Puch	Hohenkammer		Puch
Variante	Rotklee, Schnitt 1	Rotklee, Schnitt 2	Rotklee, Schnitt 1	Rotklee, Schnitt 2	Rotklee, Schnitt 3	Acker-bohne	Futter-erbse	Acker-bohne	Futtererbse		
ohne	36,6 ab	20,5 a	13,9 b	51,3 ab	34,0 a	45,0 a	1,0 a	26,1 a	70,0 ab	6,8 b	8,3 a
Sommerraps	39,6 ab	22,8 a	13,6 b	56,3 a	33,2 a	44,1 a	0,9 a	25,6 a	65,0 b	6,9 b	8,0 a
Futtererbse	39,9 ab	21,1 a	17,1 b	49,5 ab	34,7 a	43,4 a	0,6 a	27,3 a	92,5 a	8,9 a	9,0 a
Ackerbohne	36,5 ab	21,6 a	15,0 b	51,3 ab	36,9 a	40,8 a	0,7 a	25,2 a	73,8 ab	7,5 ab	8,0 a
Blaue Lupine	36,0 b	19,6 a	16,2 b	51,5 ab	34,1 a	44,4 a	1,1 a	23,3 a	62,5 b	7,3 ab	8,0 a
Sommerwicke	41,5 ab	24,7 a	14,4 b	51,2 ab	33,5 a	42,8 a	1,1 a	26,0 a	65,0 b	6,8 b	8,0 a
Rotklee	42,1 a	20,6 a	22,3 a	51,7 ab	36,5 a	43,5 a	0,8 a	28,3 a	60,0 b	6,5 b	8,0 a
Alex.klee	40,5 ab	19,1 a	15,4 b	47,2 b	35,1 a	42,3 a	1,6 a	24,1 a	55,0 b	6,0 b	8,0 a

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), [1] Anzahl Bonituren = 2

Rotklee, umgerechnet in Getreideeinheiten, erzielte in Puch, aber nicht in Hohenkammer einen signifikant höheren Ertrag als Ackerbohnen und auf beiden Standorten als Erbsen (Tab. 2). In Hohenkammer fiel der Ertrag der Futterleguminose aufgrund einer geringeren Anzahl an Schnitten als Folge einer Trockenheit und eines Befalls mit Blattrandkäfer im Vergleich zu Puch geringer aus und der Ertrag der Ackerbohnen aufgrund eines geringeren Befalls mit Fußkrankheiten höher aus. Der sehr geringe Ertrag (Hohenkammer) bzw. Totalausfall (Puch) der Erbsen ist auf den sehr hohen Befall mit Fußkrankheiten zurückzuführen.

Tab. 2 Ertragsmittelwerte, Erträge in Getreideeinheiten und Deckungsbeitrag für einzelne Kulturen

	Hohenkammer			Puch	
	Futtererbse	Ackerbohne	Rotklee Summe TM	Ackerbohne	Rotklee Summe TM
Mittlerer Ertrag dt/ha	1,0 e	43,3 c	60,3 b	25,7 d	102,0 a
Getreideeinheiten	1,0 D	39,8 B	41,0 B	23,7 C	69,3 A
Deckungsbeitrag €/ha	-422,6	1471,1	-5,0	678,8	11,5

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$)

Literatur

BMELV (2011): Getreideeinheitenschlüssel. http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3120100-2010.pdf (Abruf 27.06.2017).

Jacob I., Vogt-Kaute W. (2017): Leguminosenmüdigkeit. http://www.demoneterbo.agrarpraxisforschung.de/index.php?id=165 (Abruf27.06.17).

Rehm A., Salzeder G., Urbatzka P. (2014): Zur Sortenwahl bei Ackerbohnen bei Anzeichen der Leguminosenmüdigkeit. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 2, 106-110.

Zingg F. (2016): Wie viel Leguminosen verträgt mein Acker? Zürcher Bauer (15.04.16), 4

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 158–159 (2017)

Effect of nitrogen on photosynthetic parameters of six cucumber genotypes under two different light exposure conditions

Sanzida Akhter Anee, Dany P. Moualeu-Ngangue and Hartmut Stützel

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University of Hannover, Hannover, Germany.
E-Mail: *sanzida.akhter.anee@stud.uni-hannover.de*

Introduction

Nitrogen and light has a strong influence on plant physiological processes during growth and development (Fernandes and Rossiello,1995).Nitrogen and growth irradiance were found to influence leaf traits such as the quantum yield efficiency, the photosynthetic capacity, respiration rate and maximum electron transport rate amongst other traits(Zhou et al., 2006). However, different genotypes of cucumber (*Cucumis sativus* L.) might response differently under comparable growing condition. Therefore, the aim of this study is to quantify the effect of nitrogen and light on different cucumber genotypes by analysing changes in different photosynthetic parameters.

Materials und Methods

Experiments were conducted from February to July 2016 at the institute of the Horticultural Production Systems of the Leibniz Universität Hannover. Six genotypes of cucumber were grown in two glasshouse experiments at two different light conditions (spring ranged from 32-42 $\mu molm^{-2}d^{-1}$ and in summer from 47-66 $\mu molm^{-2}d^{-1}$) with three different nitrogen levels 70 mg N/L, 140 mg N/L and 210 mg N/L. Seedling of the 6 cucumber genotypes were transplanted at 3-leaf stage onto Gordan mats from the larger rock wool cubes (10cm ×10 cm ×6.5 cm) filled with 1 g/L Ferty basis. Nutrients were supplied by a drip irrigation system. Flowers on the 7th nodes from the lower portion and side shoots were removed. The temperature status under the glasshouse was 24/20˚ C day /night was measured by using data loggers. The split plot randomized block design was used with 3 nitrogen treatments and two replications where two blocks in each glasshouse consisting of 24 plants of six genotypes were randomly distributed.

Data on selected leaf physiological traits (net CO_2 assimilation rate, light response curve, electron transport rate) were recorded on youngest (104-260˚C day) and oldest (104-268˚C day) fully expanded leaves during both seasons. Total leaf nitrogen content, leaf chlorophyll a and b content, SPAD value were measured after two sequential final harvests. The day time respiration (R_D) and the quantum yield efficiency (φ) were estimated from the light response curve. The relationship between leaf nitrogen content and chlorophyll content, SPAD and net assimilation rate developed through linear model using Sigma plot version 11.

Results and Discussion

The results showed that there was no significant nitrogen effect on leaf physiological traits such as net assimilation rate, quantum yield efficiency, total leaf nitrogen content and chlorophyll content in the both spring and summer experiment but genotypes were highly significant. Whereas there was significant season effect on net assimilation rate. This suggest that high growth irradiance increase the photosynthetic capacity probably due to the increase of electron transport rate per unit chlorophyll which leads to increase the thylakoid nitrogen (Field and Mooney

1986,Evans1989a).The cucumber genotype "SC50" showed the highest performance on all photosynthetic parameters among six genotypes. The most commercialized cucumber genotype "Aramon" appeared to be the most fast adapted variety in all growing conditions. Furthermore, six genotypes of cucumber showed significant differences in the leaf total nitrogen content, total chlorophyll content and also the SPAD readings both in summer and spring season with a good fitted linear function. This study will enable the dynamics of a model predicting the leaf total nitrogen and chlorophyll content as function under greenhouse conditions such as "SC50" genotype in summer season showed higher leaf chlorophyll content (0.65 $mmolm^{-2}$) than the spring season (0.55$mmolm^{-2}$).

Literature

Evans J. R.,(1989a).Photosynthesis and nitrogen relationships in leaves of C3 plants. Oecologia 78 : 9-19.

Fernandes M.S., Rossiello R.O.P.,(1995). Mineral nitrogen in plant physiology and plant nutrition . Crit. Rev. Plant Sci., 14 (2) : 111-148.

Field C., Mooney H.A.,(1986).The photosynthesis-nitrogen relationship in wild plants. In: Givnish TJ (ed) On the economy of plant form and function. Cambridge University Press, Cambridge, pp 25-55.

Zhou Y.H., Yu J.Q.,Mao W.H., Huang L.F., Song X.S., Nogues S., (2006). Genotypic variation of rubisco expression, photosynthetic electron flow and antioxidant metabolism in the chloroplast of chill-exposed cucumber plants. Plant Cell Physiol., 42 (2) : 192-199.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 160–161 (2017)

Erste Erfahrungen zur Harnstoff-Einarbeitung im Side-Dressing-Verfahren im Projekt StaPlaRes am Standort Bernburg-Strenzfeld

Florian Eißner[1], Joachim Bischoff[2], Barbara Koblenz[1], Jan Rücknagel[1], Nadine Tauchnitz[2], Frederic Klein[3], Fabian Schäfer[3], Harald Schickinger[3], Norbert Rauch[3], Jochen Kunz[4], Thomas Kreuter[4] und Olaf Christen[1]

[1] Martin – Luther – Universität Halle – Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau / Ökologischer Landbau, Halle (Saale).
[2] Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen – Anhalt, Bernburg.
[3] RAUCH Landmaschinenfabrik GmbH, Sinzheim.
[4] SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Landwirtschaftliche Anwendungsforschung, Cunnersdorf.
E-Mail: *florian.eissner@landw.uni-halle.de*

Einleitung

Die mineralische Stickstoff(N)-Düngung nimmt zweifelsfrei eine führende Rolle bei der kritischen Betrachtung der landwirtschaftlichen Produktion im Spannungsfeld von Ressourceneffizienz und Umweltwirkung ein. Ausdruck ungenügender Dünger-N-Effizienz (NUE) ist der seit Jahren stagnierende N-Überschuss von 97 kg N/ha (UBA 2015). Nationale Minderungsziele zur Reduzierung der Nitratbelastung des Grundwassers, wie auch zur Senkung der Lachgas- (N_2O) und Ammoniak- (NH_3) Emissionen werden verfehlt (SRU 2015).

Im Fokus des Projektes „N-**Sta**bilisierung und wurzelnahe **Pla**tzierung als innovative Technologien zur Optimierung der **Res**sourceneffizienz bei der Harnstoff-Düngung“ (**StaPlaRes**) stehen die beiden Maßnahmen Stabilisierung (kombinierter Einsatz von Urease- und Nitrifikationsinhibitoren) und wurzelnahe Platzierung bei der Harnstoffdüngung in drei Fruchtfolge–Feldversuchen sowie ergänzenden Labor-, Gewächshaus- und Lysimeterversuchen, um Aussagen zu oben genannten N-Verlustpfaden treffen zu können.

Im Projektverbund sind folgende Kooperationspartner vertreten:
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg (MLU), Landesanstalt für Landwirtschaft und Gartenbau Sachsen-Anhalt (LLG), Stickstoffwerke Piesteritz GmbH (SKWP), Technische Universität München (TUM), Rauch Landmaschinenfabrik GmbH, Johann Heinrich von Thünen Institut (TI), Zentrum für Agrarlandschaftsforschung Mün-cheberg (ZALF), Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG)
Die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung ist Projektträger des Vorhabens.

Material und Methoden

Kernstück des Projektes zur Prüfung der innovativen Technologien Stabilisierung und wurzelnahe Platzierung bildet ein Fruchtfolgeversuch (Winterraps-Winterweizen-Wintergerste) mit den Prüfgliedern (1) ungedüngt, (2) Harnstoff injiziert, (3) Harnstoff stabilisiert, (4) Harnstoff gestreut. Der Versuch ist vollständig randomisiert und vierfach wiederholt. Jede Kultur steht in jedem Jahr. Messungen im Hinblick auf N_2O- und NH_3- Emissionen erfolgen in jedem Jahr in jeweils einer Kultur. Der Versuch wird identisch an den Standorten Bernburg-Strenzfeld, Cunnersdorf und Roggenstein durchgeführt.

Am Standort Bernburg-Strenzfeld (Bodenart Ut 4 stark toniger Schluff; pH 7,5; 469 mm; 9,0 °C) lag im ersten Versuchsjahr ein Schwerpunkt der Versuchsdurchführung auf der Erprobung und Optimierung der neu entwickelten Injektionstechnik.
Ziel der wurzelnahen Platzierung im Side-Dressing-Verfahren ist die gezielte Einarbeitung granulierten Harnstoffs zwischen die Saatreihen von Getreide- und Rapsbeständen im Frühjahr bis Ende der Bestockung / Anfang des Schossens. Kombiniert kann die verlustmindernde Injektion des Harnstoffs mit einer mechanischen Bestandespflege mittels Striegel werden.
Die Injektion des Düngers erfolgt bei Getreide mit 12,5 cm Reihenweite zwischen jeder zweiten Saatreihe und bei Raps in Einzelkornsaat mit 37,5 cm Reihenweite zwischen jeder Reihe, jeweils 3-5 cm tief.

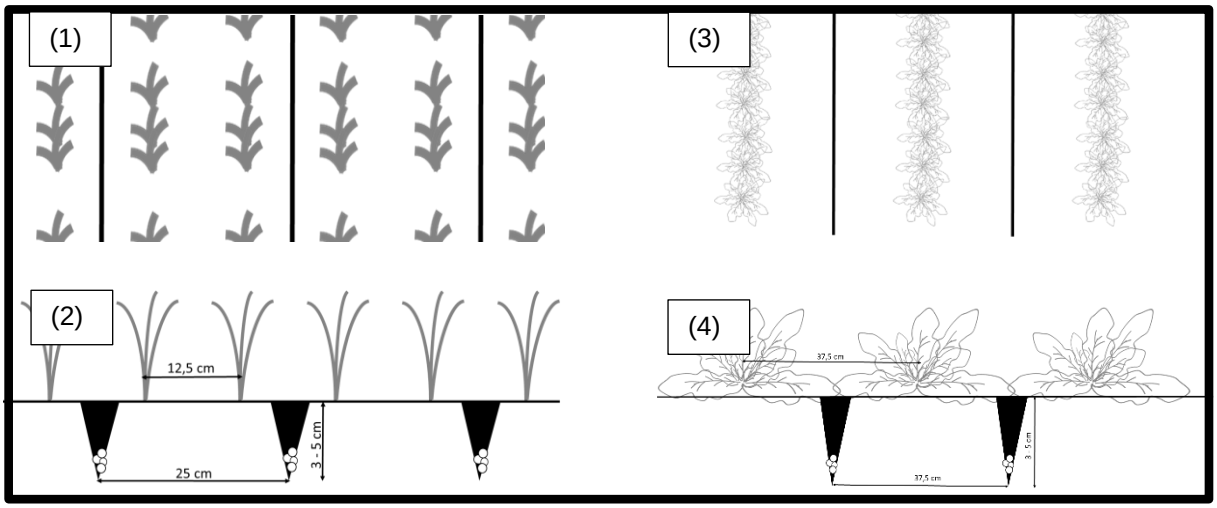


Abbildung: Schematische Darstellung Side-Dressing in Getreide (1- Draufsicht, 2- Querschnitt) und im Raps (3- Draufsicht, 4- Querschnitt)

Die Dosierung der Düngermenge erfolgt an der Parzellentechnik mittels Bandkopfverteiler und wird pneumatisch zum Injektionsschar befördert. Dazu dient ein Doppelscheibenschar, dem ein Scheibensech vorgelagert ist. Der Injektionsschlitz wird durch eine nachlaufende Druckrolle verschlossen. Striegelelemente können je nach Bodenbeschaffenheit und Bedarf nachfolgend eingesetzt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Da zum Zeitpunkt der Drucksetzung die Ergebnisse des ersten Erntejahres noch nicht vollständig vorlagen, hier –vorläufig- die auf dem Poster zu diskutierenden Hypothesen:

- Ertrag, N-Effizienz und Produktqualität erhöhen sich bei der wurzelnahen Platzierung gegenüber dem Standard durch die wirksame N-Verlustminderung und Wachstumsförderung.
- Durch die wurzelnahe Platzierung können NH_3- Verluste minimiert werden, N_2O-Verluste werden nicht maßgeblich beeinflusst.
- Die mechanische Bearbeitung bei der Injektion wirkt bestockungsfördernd.

Literatur

SRU, Sachverständigenrat für Umweltfragen (2015): Stickstoff: Lösungsstrategien für ein drängendes Umweltproblem, Sondergutachten, Hausdruck, Januar 2015, 564 pp.
http://www.umweltrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/02_Sondergutachten/2012_2016/2015_01_SG_Stickstoff_HD.html;jsessionid=FE78DA361CACD0CF0188A1C5DDAA7E97.2_cid292
UBA (2015): Umweltbelastende Stoffeinträge aus der Landwirtschaft. Möglichkeiten und Maßnahmen zu ihrer Minderung in der konventionellen Landwirtschaft und im ökologischen Landbau. UBA, Hintergrund // März 2015.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 162–163 (2017)

Effect of Nitrogen and Genotype-Environment Interaction on Cucumber Morphological Traits

F. R. Halim, D. P. Moualeu and H. Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme. Leibniz Universität Hannover, Hannover
E-Mail: *f.r.halim@stud.uni-hannover.de*

Introduction

Leaf morphological traits are known to be influenced by environmental conditions and to adapt with the change of the growing conditions. Cucumber genotypes might differ in their sensitivities to light and nitrogen, for each genotype has unique characteristic and might require different growth regulators. However, nitrogen supply not only can affect the productivity of cucumber fruit but from the morphological trait as well such as leaf size and strong positive relationships between average leaf area and foliar nitrogen content were found in all species (Niinemets *et al*, 2002). In addition, leaf size increased with decreasing irradiance from full sunlight to 50% sunlight (Stoneman and Dell, 1993). This study aimed to analyse the genotypic variation in the response to environmental conditions and to quantify the effect of nitrogen supply on leaf morphological traits such as leaf appearance rate (LAR), relative elongation rate (RER) of leaf length and width of 6 cucumber varieties.

Materials and methods

Cucumber (*Cucumis sativus* L.) was used as model plant for the experiments. Two glasshouses experiments were conducted in spring and summer 2016, respectively, using six cucumber genotypes (Summer Fresh, Kalunga, Csech Ze Vsech, Aramon, Proloog and SC 50) originated from different geographical regions of the world. The six cucumber genotypes were grown under two N levels (Spring N_1 = 140 mg N L^{-1} and N_2 = 210 mg N L^{-1}; Summer N_1 = 70 mg N L^{-1} and N_2 = 140 mg N L^{-1}). The average daily total PPFD in the glasshouse during two experiments were 18.75 µmol m^2 d^{-1} (spring experiment) and 25.6 µmol m^2 d^{-1} (summer experiment) respectively. Leaf appearance rate (LAR) (leaves GDD^{-1}) and relative elongation rate (RER) leaf length and width (cm $^oCDay^{-1}$) were analysed using split-plot randomized complete block design (six blocks) ANOVA with nitrogen as main plot factor and genotypes as sub-plot factor. In addition, to quantify the effect of season (spring and summer), data were compared under same N level (140 mg N L^{-1}) using same statistic analysed with season as main plot factor and genotypes as sub-plot factor. The statistics result were using Costat Statistics software version 6.45. The statistical significance was defined at $\alpha \leq 0.05$.

Results and discussion

There was not significant effect ($P>0.05$) of nitrogen supply (P_{spring}=.101 and P_{summer}=.223) and season factor (P=.385) on LAR for all the six genotypes. However, there was found a significant genotype effect (P=.000) on LAR. The genotype, Proloog has a constant LAR during both season (spring and summer), whereas the genotype SC 50 decreased during spring experiment (see, Table 1). The commercial genotype, Aramon, had a significantly lower LAR during the spring experiment in comparison to summer one. This study provided evidence that, Aramon in opposition to other cucumber genotypes increased the LAR under low available PPFD.

Genotype	Spring		Summer	
	N_{140}	N_{210}	N_{70}	N_{140}
Summer fresh	0.064±0.006^{a}	0.065±0.0058^{a}	0.077±0.0048^{a}	0.081±0.0025^{a}
Proloog	0.083±0.0064^{be}	0.084±0.0051^{b}	0.082±0.0028^{ab}	0.082±0.0021^{a}
Csech Ze Vsech	0.073±0.0026^{c}	0.075±0.055^{c}	0.0738±0.0022^{c}	0.075±0.0019^{ab}
Aramon	0.091±0.00^{bd}	0.092±0.0039^{d}	0.0714±0.0038^{d}	0.078±0.001^{ab}
Kalunga	0.077±0.004^{ce}	0.079±0.04^{bc}	0.073±0.0035^{ae}	0.073±0.0046^{ab}
SC 50	0.061±0.0042^{a}	0.063±0.0049^{a}	0.0704±0.0027^{f}	0.069±0.0018^{b}

Table 1 Leaf appearance rate (leaves GDD^{-1}) during the spring and summer experiments under different N levels, spring (N_1 = 140 mg NL^{-1} and N_2 = 210 mg NL^{-1}) and summer (N_1 = 70 mg NL^{-1} and N_2 = 140 mg NL^{-1}) with Tukey test multiple comparison with significant differ (P≤ 0.05)

There was not significant season effect in RER leaf length (P=.624), however, it was found significantly season effect in RER leaf width (P≤ 0.05) and RER leaf length and width were no significantly affected by N levels in spring and summer experiment (P_{spring}=.693 and .883; P_{summer}=.348 and .876). Summer fresh had the highest RER leaf length, in contrast, Aramon which had the lowest RER leaf length in spring experiment. From all genoypes, the RER leaf width was statistically significantly lower during the spring experiment compared to summer experiment (P=.007), except the genotype SC 50 showed higher performance in RGR of leaf width in the spring experiment.

Conclusions

During both, the spring and summer experiments, there was no nitrogen effect of LAR and RER. There is need to anaylse data of the specific leaf area and other leaf trait to better understand where nitrogen was invested. Although most of the genotypes reacted differently with respect to the growing irradiance. Proloog showed the stable values of LAR and RER during both the spring and the summer experiments.

References

Niinemets, Ülo, Portsmuth, A. and Truss, L. (2002). Leaf structural and photosynthetic characteristics and biomass allocation to foliage in relation to foliar nitrogen content and tree size in three *Betula* species. Annals of Botany 89(2): 191-204

Stoneman, G. L. and Dell, B. (1993). Growth of *Eucalyptus Marginata* (Jarrah) seedlings in a greenhouse in response to shade and soil temperature. Tree Physiology13(3):239-252

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 164–165 (2017)

Einfluss von Stickstoffdüngung auf Wachstumsverlauf, Entwicklung und Ertrag von Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

L. Kamp, B. Mast, A. Übelhör, W. Claupein und S. Graeff-Hönninger

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Stuttgart. E-Mail: *Larissa.Kamp@uni-hohenheim.de*

Einleitung

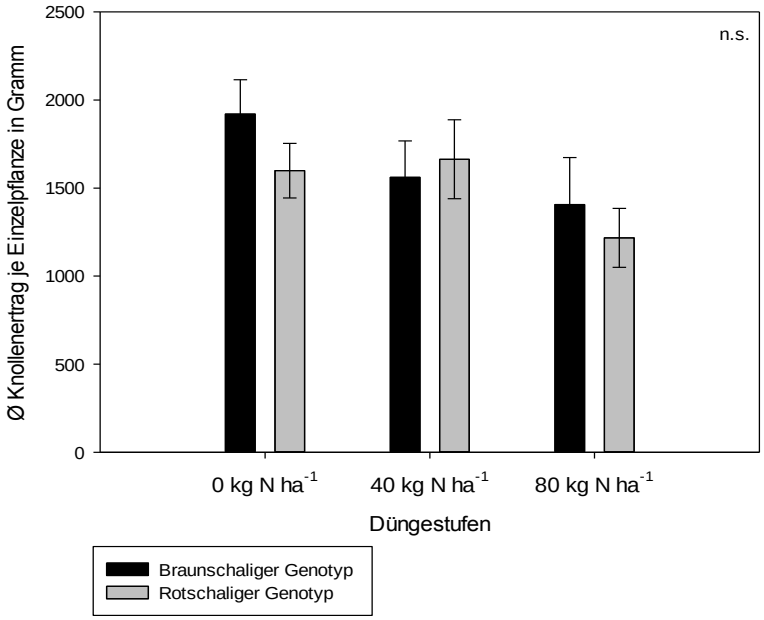
Yacon (Smallanthus sonchifolius) ist eine in den Anden beheimatete Pflanze, die essbare Speicherorgane ausbildet. Wie Topinambur gehört sie zu den Korbblütlern (Asteraceae) und speichert ihre Kohlenhydrate nicht in Form von Stärke, sondern als Fructooligosaccharide (FOS) ein. Diese FOS lösen keinen Anstieg des Blutzuckerspiegels aus, wodurch sich ein gesundheitlicher Mehrwert ergibt. Dies macht Yacon in verarbeiteter Form (z.B. Sirup, Pulver, Trockenobst usw.) als Süßungsmittel interessant. Zurzeit ist noch sehr wenig über pflanzenbauliche Maßnahmen und Ertragsentwicklung bzw. den N-Bedarf bekannt. Ziel ist, ein Anbausystem in Mitteleuropa zu entwickeln.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften, Teilstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (478 m ü NN; 48,7° Nord, 8,9° Ost) als randomisierte, vollständige Blockanlage mit 3 Wiederholungen als Dammkultur (60 x 40 cm) durchgeführt. Es wurden die zwei Faktoren Stickstoffdüngung (0, 40 und 80 kg N ha^{-1}) und Genotyp (braunschalig und rotschalig, abgekürzt bG und rG) untersucht. Der verwendete Dünger (ENTEC 26, 26 % N, 13 % S) wurde platziert zur Pflanzung ausgebracht. Der Pflanzabstand in der Reihe belief sich auf 70 cm, zwischen den Reihen 150 cm (0,9 Pflanzen pro m^2). Für die Auspflanzung am 18.05.2016 wurden 4-6 Wochen alte Jungpflanzen verwendet, die vorab im Gewächshaus aus Rhizomen angezogen wurden. Geerntet wurde am 25.10.2016 (161 Tage nach Pflanzung) von Hand, wobei der Knollenertrag und die oberirdische Biomasse (TM) je Einzelpflanze erfasst wurden. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer zweifaktoriellen Varianzanalyse.

Ergebnisse und Diskussion

Beide Genotypen unterschieden sich deutlich in ihrer Entwicklung. Ab Tag 20 nach Pflanzung gab es signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Sorten als auch den Düngestufen in der Pflanzenhöhe. Beide Genotypen wiesen in der mittleren Düngestufe durchgehend die höchsten Pflanzen auf (Maximum: bG 90 cm, rG 110 cm). Die Blüte des rG wurde signifikant von der Düngestufe beeinflusst, bei Ernte waren 100 % der mittleren und der höchsten Düngestufe bereits verblüht, in der Kontrollvariante waren lediglich Knospen ausgebildet. Der bG konnte nur vereinzelt Knospen ausbilden, welche die Blüte nicht mehr erreichten. Dabei war kein signifikanter Unterschied zwischen den Düngestufen nachweisbar. Der Ertrag beider Genotypen unterschied sich nicht signifikant und auch zwischen den Düngestufen konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden (Abbildung 1). Zwischen dem Ertrag der bG und der Düngemenge konnte eine negative Korrelation festgestellt werden. Mit 1920 g pro Pflanze wurde in der Kontrollvariante der höchste Ertrag erzielt, in den Varianten 40 und 80 kg N ha^{-1} 1561 g und 1406 g (entsprechend).Bei rG wurde in der mittleren Düngevariante mit 1663 g der höchste



Knollenertrag je Pflanze erzielt. Auch hier war zu beobachten, dass die höchste Düngestufe mit 1217 g abermals den geringsten Ertrag erbrachte. Insgesamt, über alle drei Düngestufen hinweg, erzielte bG mit durchschnittlich 1620 g den höchsten Ertrag, der sich jedoch nicht signifikant rG (1493 g) unterschied. Beide Genotypen lagen mit den erzielten Knollenertragen unter der üblichen Ertragserwartung von 3000 – 5000 g pro Pflanze (Delgado et al. 2013).

Abbildung 1: Durchschnittlicher Knollenertrag je Einzelpflanze in Gramm zweier unterschiedlicher Yacon Genotypen. Signifikante Unterschiede sowohl zwischen den Genotypen als auch den Düngestufen konnten nicht nachgewiesen werden (p = 0,05, n = 18)

Diese Ergebnisse decken sich nicht vollständig mit den Ergebnissen der TM der oberirdischen Biomasse (Tabelle 1). Hier konnte bei beiden Genotypen die gleiche Tendenz beobachtet werden, dass die mittlere Düngevariante den höchsten Ertrag an oberirdischer Biomasse bildete, was den Knollenertrag des rG widerspiegelt. Innerhalb des Genotyps konnten bei bG keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden, bei rG unterschied sich die mittlere Variante signifikant zu den anderen beiden Varianten. Zwischen den Genotypen konnten in der mittleren und der höchsten Variante signifikante Unterschiede festgestellt werden.

Tabelle 1: Trockenmasseertrag [g] der oberirdischen Biomasse zweier unterschiedlicher Yacon Genotypen. Signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen innerhalb eines Genotyps sind mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben gekennzeichnet; signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen innerhalb einer Düngestufen sind mit unterschiedlichen Großbuchtstaben gekennzeichnet (p = 0,05, n = 18)

Düngestufe	Trockenmasse in Gramm der oberirdischen Biomasse	
	Braunschaliger Genotyp	Rotschaliger Genotyp
0 kg N ha^{-1}	$194^{a,A}$ ± 16	$250^{b,A}$ ± 22
40 kg N ha^{-1}	$247^{a,B}$ ± 21	$349^{a,A}$ ± 25
80 kg N ha^{-1}	$205^{a,B}$ ± 23	$272^{b,A}$ ± 24

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Höhe der Düngestufe einen Einfluss auf Wachstum und Entwicklung der Pflanze hat, was sich hauptsächlich in der oberirdischen Biomasse der Pflanze bemerkbar macht. Um den Effekt auf die Ertragsbildung und das Wachstum genauer beschreiben zu können, werden weitere Versuche durchgeführt.

Literatur

Delgado G., Tamashiro W., Junior M., Pastore G. (2013). Yacon (*Smallanthus sonchiolfius*): A Functional Food

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 166–167 (2017)

Gärrestausbringung in Mais und Winterweizen mit unterschiedlichen Applikationstechniken

Daniel Kern, Feng Yan, Janna Macholdt und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, BFS (Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg), Justus-Liebig-Universität, Gießen. E-Mail: *daniel.kern@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Die Substitution von mineralischen NPK-Düngern durch die Rückführung von Gärresten aus Biogas-Anlagen ist für die Nährstoffversorgung von Kulturpflanzen ökonomisch und ökologisch sinnvoll. In Versuchen mit Winterweizen, der mit Gärresten gedüngt wurde (ŠIMON et al. 2015), konnten gleichwertige Kornerträge im Vergleich mit mineralischer NPK-Düngung erzielt werden. Trotzdem bringen Landwirte in wachsenden Pflanzenbeständen auf Grund bestehender Probleme in der Applikationstechnik und -genauigkeit noch relativ selten Gärreste als Dünger aus. Am häufigsten werden Gärreste auf abgeernteten Flächen, vor der Aussaat (Mais) und auf Grünland appliziert.

Um Gärreste aus Biogasanlagen in Mais, Weizen und Raps effizienter nutzen zu können, sind verlustarme und genaue Ausbringungstechniken sowie gute Kenntnisse über die Nährstoffwirkung der Gärreste erforderlich. Zur Verbesserung dieser Situation wurde im Jahr 2017 ein Projekt zur Ertrags- und Qualitätssicherung von Winterweizen und Mais durch optimierten Einsatz von Gärresten in Hessen etabliert. Im Rahmen dieses Vorhabens werden in Kooperation mit einem landwirtschaftlichen Betrieb und einem Lohnunternehmen On-Farm-Versuche durchgeführt. In diesen Versuchen soll der Einfluss verschiedener Düngungsstrategien und Gärrest-Applikationsverfahren auf die Nährstoffverfügbarkeit im Boden sowie auf Bestandsentwicklung, Ertrag und Qualitätsparameter von Winterweizen und Silomais untersucht werden.

Versuchsdurchführung

Genutzt werden die Ackerflächen eines landwirtschaftlichen Betriebs (sandiger Lehm, AZ 70 – 80) in dem bereits seit 10 Jahren regelmäßig Gärreste ausgebracht werden. Die Gärreste dieses Betriebs stammen aus einer 532 kW Biogasanlage, in der 50 % NAWARO (Maissilage, Getreide-GPS und Gras) und 50 % Wirtschaftsdünger verwertet werden. Der anfallende Biogasgärrest wird anteilig auf die Flächen der Landwirte, welche die Biogasanlage mit NAWAROs beliefern, zurückgeführt.

Die im Jahr 2017 begonnenen Versuche wurden als Streifen-Anlage angelegt. Beim Winterweizen wurden die Gärreste mit einem „Scheibenschlitzgerät“ und einem „Schleppschuhverteiler“ appliziert. Im Feldversuch mit Mais kamen die Applikationsverfahren „Strip-Till“, „Scheibenegge“ und „Schleppschuhverteiler“ zum Einsatz. In beiden Kulturen wurden die Gärrest-Varianten mit der betriebsüblichen Düngungsstrategie des Landwirtes sowie mit einer N-freien Kontrolle und einer rein mineralisch gedüngten Variante verglichen. Daneben wurde eine Variante mit Kombinationen aus mineralischer und organischer Düngung berücksichtigt. Zusätzlich wurde im Weizen der mechanische Einfluss des „Schlitzens“ auf den Weizenbestand geprüft, indem das Schlitzgerät (ohne Gärreste-Ausbringung) im Weizen-Bestand eingesetzt wurde. In beiden Versuchen (Mais und Winterweizen)

werden somit sechs Varianten in Streifen von je 28 m x 250 m (Weizen) bzw. 60 x 150 m (Mais) getestet.

Tabelle 1: Verfahrensvarianten im On-Farm-Versuch, Gärreste-Düngung im Winterweizen 2017 (Betrieb Hof Capelle und JLU Gießen)

Nr.	Verfahrensvariante	BBCH 21	BBCH 23	BBCH 25	BBCH 59	Σ
		kg N/ ha (N-Form)				
1	Kontrolle (ohne N-Düngung)	0	0	0	0	0
2	Nur MD[1)] (Betriebsüblich)	70 (AZ)[3)]	0	50 (AZ)	50 (HS)[4)]	170
3	Wie Nr. 2 + Schlitzen ohne GR[2)] zu BBCH 23	70 (AZ)	„Leer-schlitzen“	50 (AZ)	50 (HS)	170
4	Gärrest: Nur Schleppschuh	0	77 (30 m^3 GR)	104 (40 m^3 GR)	0	181
5	Gärrest: Schlitzgerät (1. Gabe) und Schleppschuh (2. Gabe)	0	77 (30 m^3 GR)	104 (40 m^3 GR)	0	181
6	GR + MD: Schlitzgerät	30 (AZ)	77 (30 m^3 GR)	70 (Alzon)	0	177

[1)] MD= Mineraldünger; [2)] GR= Gärrest; [3)] Alzon S-25% N/ 6 % S flüssig (Fa. SKW); [4)] Harnstoff gekörnt

Jeweils zwei bis drei Wochen nach den Düngungsmaßnahmen wurden Bodenproben (0-90 cm) innerhalb jeder Variante gezogen und die $CaCl_2$-löslichen Gehalte an Stickstoff sowie CAL-lösliche Anteile von Phosphor und Kalium ermittelt. Damit werden die Gehalte und die zeitliche Dynamik dieser Nährstoffe im Boden verfolgt. Zusätzlich wird untersucht, ob sich durch die Gärrestdüngung im Boden der Anteil an organisch gebundenem Phosphor, nach der Methode von BOWMAN & MOIR (1993), erhöht. Während der Vegetationszeit werden relevante Pflanzenparameter zur Entwicklung des Bestandes (LAI, NDVI, SPAD, Ährenzahl, Triebzahl, Wuchshöhe) erfasst. Außerdem werden die Korn- und Biomasseerträge, die N, P, K-Aufnahme der Pflanzen sowie die relevanten Qualitätseigenschaften von Weizen und Mais untersucht.

Über die ersten Ergebnisse der im Jahr 2017 im Weizen und im Mais durchgeführten Messungen wird während der Tagung (Poster) berichtet.

Literatur

Bowman, R.A., Moir, J.O., (1993): Basic EDTA as an Extractant for soil organic phosphorus, Soil Science Society of America Journal, 57: 1516-1518

Šimon, T., Kunzová, E., Friedlová, M., (2015): The effect of digestate, cattle slurry and mineral fertilization on the winter wheat yield and soil quality parameters, Plant Soil Environment, 61: 522-527

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 168–169 (2017)

Backvolumen und indirekte Qualitätsparameter von Winterweizen bei reduzierter Stickstoff-Düngung

Julia Klussmann[1], Bernd Honermeier[1] und Ludger Linnemann[2]

[1] Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Gießen;
[2] Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e-V., Darmstadt.
E-Mail: *Julia.Klussmann@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Die N-Düngung (Dosis, Verteilung, N-Form) ist für die Akkumulation von Speicherproteinen im Weizen von zentraler Bedeutung. In der Praxis werden häufig relativ hohe N-Mengen ausgebracht, um die Qualitätsforderungen der Mühlen bezüglich Proteingehalte zu erfüllen. Mit der neuen DüV wird u.a. die maximale N-Düngermenge im Mittel des Betriebs auf 170 kg N/ha limitiert (DüV 26.05.2017). Es stellt sich die Frage, ob auch bei leicht reduzierter N-Düngung in Abhängigkeit von der Weizensorte und N-Applikation (Termin, Menge, N-Form) die gewünschte Backqualität des Weizens erreicht werden kann. Das Ziel des durchgeführten Versuches bestand deshalb darin, die Wirkung unterschiedlicher N-Düngung (inkl. CULTAN-Verfahren) auf die Qualität von vier Backweizen-Sorten unter Berücksichtigung eines Optimierten Backtests zu klären.

Material und Methoden

Der Parzellenversuch wurde im Jahr 2015/16 an zwei Standorten in Hessen durchgeführt. Zum einen in Gießen (GI) (Bodentyp: Brauner Auenboden, Bodenart: uT, AZ 65, lgj. Mittel: 698 mm, 8,9 °C, Vorfrucht: Raps, N_{min}: 30 kg NO_3-N/ha) und zum anderen in Rauischholzhausen (RH) (Bodentyp: Parabraunerde, Bodenart: Lößlehm, AZ 80, lgj. Mittel: 605 mm, 8,5 °C, Vorfrucht: Silomais, N_{min}: 30 kg NO_3-N/ha). Als Versuchsanlage wurde eine zweifaktorielle Blockanlage (vollständig randomisiert, vier Wiederholungen) mit den Prüffaktoren N-Düngung (10 N-Stufen) und Sorte (Akteur E, Helmond E, JB Asano A, RGT Reform A) genutzt. Die Aussaat erfolgte am 12.10. (GI) bzw. am 20.10.2015 (RH) mit 300 Körnern/m^2.

Tab. 1: N-Düngung im Parzellenversuch mit Weizen in GI und RH 2015/16

Nr.	N1	N2		N3		kg N/ha
	Veg.-Beginn	ES 30	ES 31	ES 49	ES 52	
1	0	0	0	0	0	0
2	120 - N_{min}	0	60	0	0	150/ Σ 180
3	120 - N_{min}	0	80	0	0	170/ Σ 200
4	120 - N_{min}	40	0	0	40	170/ Σ 200
5	120 - N_{min}	0	40	0	40	170/ Σ 200
6	120 - N_{min}	40	0	40	0	170/ Σ 200
7	120 - N_{min}	60	0	40	0	190/ Σ 220
8	0	180 - N_{min}	0	0	0	150/ Σ 180
9	0	140 - N_{min}	0	40	0	150/ Σ 180
10	0	180 - N_{min}	0	60	0	210/ Σ 240

Die N-Düngung (2 – 7 sowie N3 in 9 und 10) erfolgte mit KAS bzw. in 8 – 10 (nur N2) mit „Artifert“ (15 % N, davon 9 % NH_4-N und 6 % NO_3-N, 5 % S). „Artifert“ wurde als Düngelösung mit dem CULTAN-Verfahren (**C**ontrolled **U**ptake **L**ong **T**erm **A**mmonium **N**utrition) mit einem Sternrad in den Boden injiziert.

Ergebnisse und Diskussion

Der Winterweizen erreichte einen mittleren Kornertrag von 82,5 dt/ha (GI) bzw. von 86,4 dt/ha (RH). Auch für die Qualitätsparameter konnte am Standort RH ein deutlich höheres Niveau festgestellt werden (**Tab. 2**). So wurde in GI über alle N-Varianten ein Proteingehalt von 11 %, dagegen in RH von 12,9 % erreicht. Eine Wechselwirkung zwischen N und Sorte war nicht vorhanden. Die höheren Rp-Werte in RH sind vermutlich auf die günstigeren Bodenbedingungen (Vorvorfrucht = Kleegras) zurückzuführen.

Tab. 2: Ergebnisse der Qualitätsanalysen von Weizen, Parzellenversuche GI und RH 2015/16. Unterschiedlichen Buchstaben bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten (α= 5 %). Die Standorte wurden separate ausgewertet.

Nr.	Düngemenge [kg N/ha]	Proteingehalt [%]		Sedimentations-wert [ml]		Feuchtkleber-gehalt [%]		Volumenausbeute [ml/100g Mehl]	
		GI	RH	GI	RH	GI	RH	GI	RH
1	0/0/0 Σ0	8,9 $_{A}$	10,2 $_{A}$	24,8 $_{A}$	31,75 $_{A}$	15,8 $_{A}$	20,6 $_{A}$	665 $_{A}$	746 $_{A}$
2	90/60/0 Σ150	11,0 $_{C}$	13,1 $_{D}$	38,2 $_{CD}$	49,8 $_{DE}$	23,2 $_{C}$	31,6 $_{D}$	741 $_{BC}$	749 $_{A}$
3	90/80/0 Σ170	10,8 $_{C}$	13,5 $_{EF}$	39,8 $_{CD}$	51,2 $_{EF}$	22,4 $_{C}$	32,2 $_{D}$	727 $_{B}$	768 $_{A}$
4	90/40/40 Σ170	11,9 $_{E}$	13,5 $_{EF}$	44,4 $_{EF}$	51,8 $_{EF}$	26,2 $_{E}$	32,5 $_{D}$	709 $_{AB}$	760 $_{A}$
5	90/40/40 Σ170	11,9 $_{E}$	13,7 $_{F}$	45,8 $_{F}$	53,1 $_{F}$	25,8 $_{E}$	32,9 $_{D}$	739 $_{BC}$	774 $_{A}$
6	90/40/40 Σ170	11,2 $_{CD}$	13,2 $_{DE}$	36,4 $_{BC}$	48,9 $_{CD}$	23,9 $_{CD}$	31,6 $_{D}$	747 $_{BC}$	763 $_{A}$
7	90/60/40 Σ190	11,9 $_{E}$	13,4 $_{DEF}$	41,9 $_{DE}$	51,1 $_{DEF}$	26,5 $_{E}$	32,3 $_{D}$	738 $_{BC}$	771 $_{A}$
8	0/150/0 Σ150	9,7 $_{B}$	12,4 $_{B}$	27,4 $_{A}$	45,4 $_{B}$	19,2 $_{B}$	27,5 $_{B}$	702 $_{AB}$	761 $_{A}$
9	0/110/40 Σ150	10,7 $_{C}$	12,8 $_{C}$	33,1 $_{B}$	46,9 $_{BC}$	22,3 $_{C}$	29,3 $_{C}$	780 $_{C}$	773 $_{A}$
10	0/150/60 Σ210	11,8 $_{DE}$	13,5 $_{DEF}$	38,0 $_{CD}$	51,3 $_{EF}$	25,7 $_{DE}$	32,7 $_{D}$	773 $_{C}$	785 $_{A}$

Die Proben der CULTAN-Varianten 8 und 9 wiesen geringere Rp- und Feuchtklebergehalte sowie einen niedrigeren Sedimentationswert auf. Nur die CULTAN-Variante 10 (150 + 60 N) erreichte vergleichbare Werte wie die mit KAS gedüngten Parzellen. Der Sedimentationswert lag in 9 (150 kg N/ha) auf dem Niveau der Variante 6 (170 kg N/ha).

Zur Bestimmung der Volumenausbeute (VA) wurde der optimierte Backtest (OBT) nach Linnemann (2010) verwendet. Auf der Basis dieser Methode wurden in RH keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten beobachtet. In GI wurden in den CULTAN-Varianten 9 und 10 die höchsten VA gemessen. Diese unterschieden sich allerdings nicht signifikant zu den Varianten 2, 5, 6 und 7.

Es wird insgesamt festgestellt, dass der Proteingehalt keine enge Korrelation zur Volumenausbeute besitzt. Es wird gefolgert, dass die Zusammensetzung und Struktur der Kleberproteine für die Qualität des Weizens eine größere Rolle spielt.

Literatur

Linnemann, L. (2010): Entwicklung einer prozessnahen Diagnostik der Mehlqualität und Teigbereitung zur optimierten Herstellung von Backwaren aus Öko-Weizensorten.

Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung-DüV). BoD–Books on Demand (26.05.2017)

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29**:** 170–171 (2017)

Eigenschaften eines streufähigen Substrates bestehend aus flüssigen Wirtschaftsdüngern und Miscanthus

Michael Stotter[1,2], Martin Hamer[1], Georg Völkering[3] und Ralf Pude[2,3]

[1]Internationales Zentrum für Nachhaltige Entwicklung, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg; [2]INRES - Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; [3]Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: *michael.stotter@h-brs.de*, *michael.stotter@uni-bonn.de*

Einleitung

Eine Intensivierung der Nutztierhaltung sowie der zunehmende Anbau Nachwachsender Rohstoffe zur energetischen Nutzung, haben in den letzten Jahrzehnten in vielen Regionen zu einer teilweisen Entkoppelung von Stoffkreisläufen und einer erhöhten Nutzungsintensität der Böden geführt.
Der vermehrte Anbau humuszehrender Kulturen kann bei mangelhafter Substratrückführung einen kontinuierlichen Abbau der organischen Bodensubstanz bewirken (Breitschuh & Gernand, 2010). Die für die Bodenfruchtbarkeit wichtigen chemischen, physikalischen und biologischen Bodeneigenschaften werden dadurch negativ beeinflusst.
Im Rahmen des EU-INTERREG-Projektes „Food Pro·tec·ts" wird Wirtschaftsdünger mithilfe von Miscanthus gebunden und in ein streufähiges Substrat überführt. Die Wirkung dieses Substrates auf ausgewählte Bodenparameter sowie auf Ertrags- und Qualitätskriterien von Winterweizen soll in Topf- und Feldversuchen untersucht werden.

Material und Methoden

Vorversuche wurden auf dem Versuchsgut Campus Klein-Altendorf der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn durchgeführt. Das langjährige Niederschlagsmittel in der Niederrheinischen Bucht beträgt 600 mm / Jahr, die durchschnittliche Jahrestemperatur 9,4 °C. Der Bodentyp ist eine Parabraunerde, die Bodenart lehmiger Schluff (lU).
Zur Überführung in ein streufähiges Substrat wurde Rindergülle mit Miscanthus-Häckselmaterial (Häckselläng e 5 cm) im Mischungsverhältnis von 1:0,3 vermengt. Auf der Grundlage des Gesamt-Stickstoffgehaltes (N_{ges}) des streufähigen Substrates wurde die Ausbringmenge ermittelt. Die Inhaltsstoffe des erzeugten Rindergülle-Substrates (RGS) sowie die damit ausgebrachten Nährstoffmengen sind in Tabelle 1 aufgeführt.

Tabelle 1: Inhaltsstoffe des Rindergülle-Substrates und damit ausgebrachte Nährstoffmengen.

Parameter	Einheit	Inhaltsstoffe [kg / t]	Nährstoffmenge [kg / ha]
TS	[%]	26,0	26,0
N_{ges}	[kg/t] / [kg/ha]	2,6	125,0
NH_4^+-N	[kg/t] / [kg/ha]	0,6	28,6
P_2O_5	[kg/t] / [kg/ha]	1,7	82,5
K_2O	[kg/t] / [kg/ha]	4,5	214,5
CaO	[kg/t] / [kg/ha]	2,3	108,2
C/N	Verhältnis	54,0	54,0

Das RGS wurde in einer randomisierten Blockanlage in vierfacher Wiederholung händisch auf 3 x 10 m großen Parzellen ausgebracht. Es wurde mit einer Kreiselegge in die obersten 10 cm eingearbeitet und anschließend Winterweizen der Sorte Rumor ausgesät. Der Kontrolle (ohne Miscanthus sowie ohne RG) und der RGS-Variante wurden betriebsüblich drei mineralische Stickstoffgaben zu je 60 kg N_{ges} zugeführt.
Die Bodenprobennahmen für den pH-Wert, den H_2O-Gehalt, das C/N-Verhältnis sowie den mikrobiellen Kohlen- und Stickstoff erfolgten einmalig am 26. Februar in einer Bodentiefe von 0 – 30 cm. Zur Bestimmung der Stickstoffversorgung des Winterweizens kam das Chlorophyllmeter SPAD-502Plus zum Einsatz. Zur Ertrags- und Qualitätsbestimmung wurden der Korn- und Strohertrag, der Protein-Gehalt, der Sedimentationswert und die Fallzahl ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Der pH-Wert lag in der RGS-Variante mit einem Wert von 6,4 um 0,15 höher als in der Kontrolle. Dies ist insbesondere auf die Zufuhr basisch wirksamer Bestandteile, wie CaO und MgO, zurückzuführen. Der H_2O-Gehalt war in der RGS-Variante unwesentlich und das C/N-Verhältnis um acht Prozent höher als in der Kontrolle.
Der Anstieg der mikrobiellen Biomasse um 70 % ist auf die Zufuhr leicht verfügbarer Kohlenstoff- und Stickstoffverbindungen zurückzuführen. Dadurch erhöhte sich in der RGS-Variante das C_{mic} / C_{org}-Verhältnis um über 50 % und das N_{mic} / N_t-Verhältnis um annähernd 60 % gegenüber der Kontrolle. Der Korn- und Strohertrag sowie der Proteingehalt und der Sedimentationswert wurden durch die Zugabe des RGS negativ beeinflusst. Diese ergeben sich aus einer schlechteren Stickstoffversorgung des Winterweizens, die wiederum aus einer gesteigerten Stickstoff-Inkorporation der Mikroorganismen resultiert. Dies wird insbesondere durch den kontinuierlich niedrigeren Verlauf der SPAD-Werte (Abbildung 1) sowie durch den gesteigerten mikrobiellen Biomasse-Stickstoff in der RGS-Variante ausgedrückt.
Somit wird gezeigt, dass eine hohe Fracht organischen Kohlenstoffes, bestehend aus Rindergülle und Miscanthus, eine mikrobielle Stickstoff-Immobilisierung bewirkt. Im ersten Versuchsjahr werden dadurch negative Auswirkungen auf den Ertrag und die Qualitäten von Winterweizen hervorgerufen, lassen aber langfristig im Sinne der Bodenfruchtbarkeit positive Veränderungen erwarten.

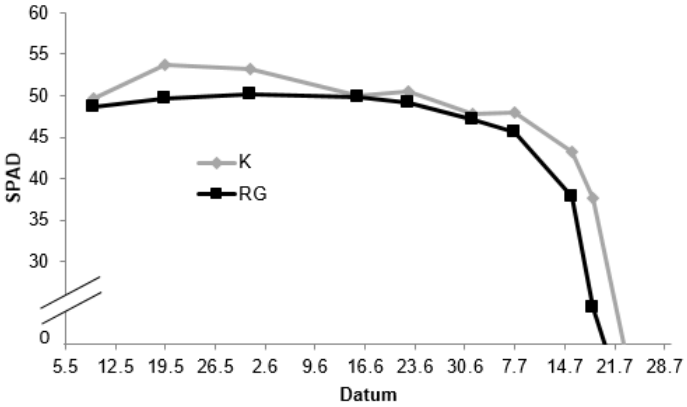


Abbildung 1: Der numerische SPAD-Wert als Aussage über die Chlorophyll-Menge im Blatt des Winterweizens vom 09.05.2016 bis zum 25.07.2016 für die Kontrolle (K) und die Rindergülle-Substrat-Variante (RGS).

Literatur

Breitschuh, T. & Gernand, U. (2010). Humusbilanzierung bei Erweiterung des Energiepflanzenbaues. VDLUFA-F&E-Bericht "Humusbilanzierung landwirtschaftlicher Böden - Einflussfaktoren und deren Auswirkungen", 315–355.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 172–173 (2017)

Effect of different pre-crops and crop rotations on NO_3-N and Nt content in the soil and on plant parameters of winter rye in the long-term field experiment "BSG" Giessen

Yavar Vaziritabar, Yazdan Vaziritabar, Janna Macholdt and Bernd Honermeier

Justus-Liebig-University Giessen, Dep of Agronomy, Institute of Agronomy and Plant Breeding I, BFS (Biomedical Research Centre Seltersberg), Schubertstr. 81, D-35392 Giessen, Germany.
E-Mail: *yavar.vaziritabar@agrar.uni-giessen.de*

Introduction

Long-term field experiments (LFE) are important tools to investigate key parameters of soil properties as well as yields and quality of agricultural crops. Its relevance lies in the fact that phenomena that take place at a slow rate like parameters of the soil fertility can be accurately examined and recorded over a long time. Further on LFE are useful to investigate the impact of climate change on soil and plant parameters.

The LFE "BSG" (Biologische Stickstoff-Gewinnung) which was established in 1982 is one of four permanent field experiments at the Justus Liebig University Giessen running for more than 30 years. The objective of this trial is to investigate the long-term effect of different cropping systems and/or pre-crops including grain legumes, green mulching and cereals in combination with different mineral fertilization (N, P, K) on soil properties and crop parameters.

The present study is focussed on investigations carried out in 2016 when winter rye was cultivated after the pre-crop winter wheat (2015) and after different pre-pre crops in 2014.

Material and method

The long-term field experiment “BSG” is running in the research station Giessen (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, yearly precipitation: 650 mm, annual air temperature: 8.1 °C). The field experiment includes two main treatments (A) pre-crop or crop rotation and (B) mineral fertilization arranged as a randomized block design with four replications. In 2015/2016 winter rye cv. Brasetto was cultivated after winter wheat. Mineral fertilization to rye includes four sub-treatments: zero NPK, only PK, PK+N (40+30+20 kg N/ha) and PK+N (80+60+40 kg N/ha). The different pre-crops are cultivated every fourth year of the four crops rotation: (1) pre-crops including crimson clover (*Trifolium incarnatum* cv. Kardinal), field bean (*Vicia faba* cv. Hiverna), oat (*Avena sativa* cv. Fleuron), forage maize (*Zea maize* cv. Lorado) and fallow, (2) winter wheat, (3) winter rye and (4) summer barley. The soil samples were taken three weeks after harvesting (15.09.2016) winter rye in order to estimate NO_3-N and Nt content of the soil of each treatment.

Results and discussion

The NO_3-N contents of the soil (0-90 cm) were at a high level varying from 119 to 141 kg N/ha (Tab. 1). In the second soil layer (30-60 cm) higher nitrate contents were found compared to other both layers. Highest nitrate accumulation of 141 kg N/ha was found in the pre-crop treatment crimson clover which was incorporated in the soil as green mulch. Fallow cultivation of the soil led to reduced nitrate contents only in the above soil layer but not in deeper layers. Total nitrogen (Nt) contents varied at a

level of around 0.17%. No effects of pre-crop and NPK fertilization on Nt in the soil in 2016 were observed (Tab. 1).

Table 1: Effect of different pre-crops and mineral fertilization on nitrate content (0-90 cm) and total N (0-30 cm) of the soil and on grain yield, spikes number and TGW of winter rye in the long-term field experiment BSG Giessen 2016.

Treatments	**Nt % (17.10.16)**	**NO_3-N, kg/ha (15.09.16)**			**Winter Rye**		
	0-30 cm	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Grain Yield dt/ha	Spikes No./m^2	TGW g
Pre-Crop							
Fallow	0.17 ^{ns}	29.2 ^{c}	53.7 ^{b}	36.3 ^{b}	44.5 ^{c}	410 ^{ns}	33.7 ^{ns}
Crimson Clover	0.18 ^{ns}	40.1 ^{a}	63.2 ^{a}	38.2 ^{b}	54.8 ^{a}	459 ^{ns}	34.3 ^{ns}
Field Bean	0.18 ^{ns}	39.0 ^{ab}	59.4 ^{ab}	36.3 ^{b}	49.3 ^{b}	458 ^{ns}	34.2 ^{ns}
Oat	0.17 ^{ns}	37.5 ^{ab}	53.4 ^{b}	46.4 ^{a}	49.5 ^{b}	421 ^{ns}	33.8 ^{ns}
Maize (Silage)	0.18 ^{ns}	35.2 ^{b}	44.0 ^{c}	46.6 ^{a}	49.7 ^{b}	425 ^{ns}	34.0 ^{ns}
NPK Fertilization							
-	0.17 ^{ns}	39.1 ^{ns}	59.0 ^{ns}	44.2 ^{ns}	29.9 ^{c}	327 ^{c}	33.1 ^{b}
PK, without N	-	35.6 ^{ns}	55.7 ^{ns}	40.1 ^{ns}	33.4 ^{c}	329 ^{c}	33.0 ^{b}
PK + 50% N	0.18 ^{ns}	34.9 ^{ns}	54.4 ^{ns}	35.5 ^{ns}	58.6 ^{b}	492 ^{b}	34.7 ^{a}
PK + 100% N	0.18 ^{ns}	35.2 ^{ns}	49.9 ^{ns}	43.3 ^{ns}	76.3 ^{a}	591 ^{a}	35.2 ^{a}
P value & LSD							
p value (Pre-crop)	0.424	0.001	0.002	0.012	<0.001	0.190	0.483
p value (Fertiliz.)	0.106	0.099	0.184	0.072	<0.001	<0.001	<0.001
LSD 5% (Pre-crop)	0.006	4.2	9.2	8.0	3.1	24	0.75
LSD 5% (Fertiliz.)	0.005	3.7	8.3	7.1	2.8	45	0.67

Crimson clover used as pre-pre-crop for rye significantly increased grain yield of winter rye compared to the other treatments ($p < 0.001$). Surprisingly is that crimson clover outperformed also the yield effect of field bean which led to similar grain yields as oat and maize (Tab. 1). Higher grain yields of rye in treatments with crimson clover and field bean can be explained by increased spikes density and higher TGW.

The clear influence of NPK fertilization on grain yield and grain yield components of winter rye was to be expected. Particularly the N application (half versus full dosage) resulted in clear and significant increase of grain yields of winter rye. Further on several plant parameters like LAI, SPAD value of flag leaves, spikes number and vegetation index have been modified clearly by N application (data not shown).

It can be concluded that green mulching with legume crop like crimson clover can cause sustainable changes in crop rotations expressed in improved N fertilization efficiency and increased grain yields.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 174–175 (2017)

Wirkung der Vergesellschaftung von Mais mit Unkräutern auf die P-Mobilisierung im Boden im Gefäßversuch

Anika Zacher[1,2], Christel Baum[1], Friederike de Mol[2], Klaus J. Dehmer[3] und Bärbel Gerowitt[2]

[1] Professur für Bodenkunde/ Universität Rostock, Rostock; [2] Professur für Phytomedizin/ Universität Rostock, Rostock; [3] Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente (GLKS), Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung, Groß Lüsewitz; E-mail: *anika.zacher@uni-rostock.de*

Einleitung

Die Versorgung von Pflanzen mit dem essentiellen Makronährelement Phosphor (P) wird vorwiegend über mineralische P-Dünger gewährleistet. Natürliche P-Vorkommen zur Herstellung solcher Düngemittel sind jedoch begrenzt (z.B. *Dawson und Hilton, 2011*), weshalb eine effiziente Nutzung der vorhandenen P-Ressourcen des Bodens unumgänglich ist (*Simpson* et al., 2011).

Die Effizienz der P-Mobilisierung wird wesentlich von pflanzlichen und mikrobiellen Umsetzungen im Rhizosphärenbereich der Pflanzen beeinflusst (*Adyha* et al., 2015). Rhizosphärenbakterien und Mykorrhizapilze tragen entscheidend zur Mobilisierung und zum Transport von P zur Pflanze bei.

Die spezifische P-Mobilisierung zahlreicher Kulturpflanzen wurde intensiv untersucht (z.B. *Dissanayaka* et al., 2015). Die P-Mobilisierungseffizienz von Unkräutern und ihre Auswirkungen auf die P-Versorgung der Kulturpflanzen fand bisher jedoch wenig Beachtung, obwohl bei zahlreichen Arten aufgrund der hohen Konkurrenzkraft im Bestand sehr effiziente P-Mobilisierungsstrategien erwartet werden können.

Daher wurde in der vorliegenden Untersuchung geprüft, ob eine zeitweise Toleranz von Unkräutern im Bestand die P-Verfügbarkeit für die Nutzpflanze Mais (*Zea mays*) durch die Mobilisierungsaktivität der Unkrautarten verbessern kann.

Material und Methoden

Zur Untersuchung des artspezifischen Einflusses von Unkräutern auf die P-Mobilisierung unter Mais wurden in den Versuchsjahren 2015 und 2016 Gefäßversuche unter Halbfreilandbedingungen etabliert. Mais wurde alleine und in Kombinationen mit sechs Unkrautarten (Weißer Gänsefuß, Hühnerhirse, Geruchlose Kamille, Windenknöterich, Schwarzer Nachtschatten, Ackerstiefmütterchen) in sechs Wiederholungen angezogen. Als Substrat diente schwach lehmiger Sand (pH ($CaCl_2$) = 6,3; P_{total}= 470 mg kg^{-1}). Die Probenahme von Rhizosphärenboden erfolgte zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten. Mais wurde zum dritten Probenahmezeitpunkt geerntet.

Untersucht wurden Erträge und Nährstoffgehalte von Mais zum Erntezeitpunkt, sowie bodenbiologische und -chemische Parameter mit Bezug zur P-Mobilisierung für alle Probenahmen.

Ergebnisse und Diskussion

In Folge der Konkurrenz um Wasser, Nährstoffe und Raum wurden 2015 generell signifikant niedrigere Trockenmasseerträge von Mais in Anwesenheit der Unkräuter gemessen. 2016 hingegen waren die Erträge in der Variante mit Vergesellschaftung mit dem Weißen Gänsefuß höher, während die Anwesenheit der übrigen Unkräuter keinen signifikanten Einfluss hatte.

Die Anwesenheit von Unkräutern führte 2015 zu einer signifikant erhöhten Mykorrhizierungsrate von Mais, während sich dies 2016 nur in der Tendenz zeigte. Weiterhin stieg in beiden Versuchsjahren die Aktivität extrazellulärer alkalischer Phosphatasen im Boden bei Vergesellschaftung von Mais mit Unkräutern. Alkalische Phosphatasen werden im Boden ausschließlich von Mikroorganismen ausgeschieden, sodass ihre Aktivität als Beitrag zur mikrobiellen P-Mobilisierung aus organisch gebundenem P betrachtet wird. Als Ursache wird erhöhter P-Bedarf angenommen.

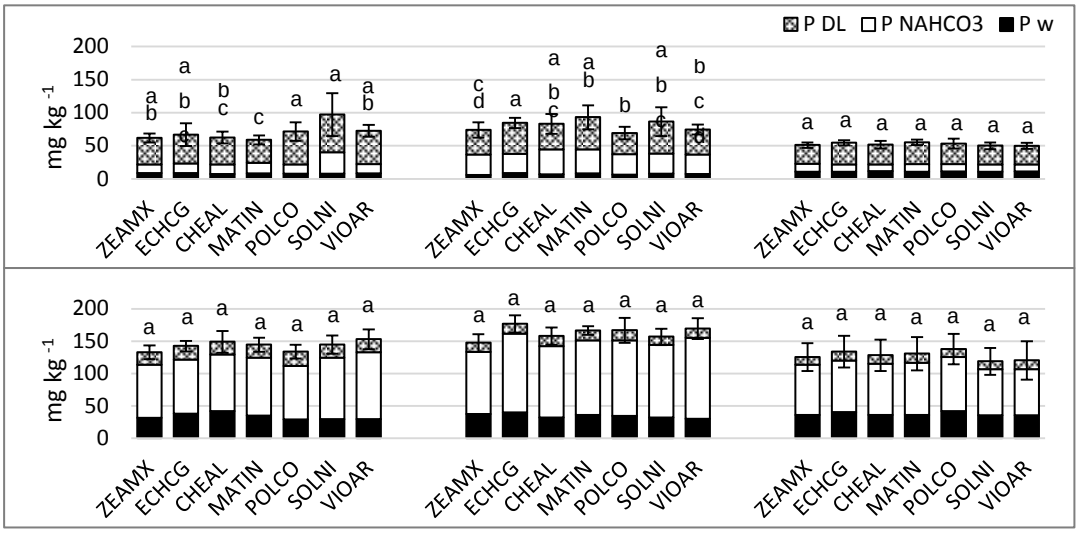


Abbildung 1: Kumulierter pflanzenverfügbarer P (P_w: wasserextrahierbarer P, P_{DL}: doppellacttalöslicher P, P_{NAHCO3}: $NAHCO_3$-extrahierbarer P) in der Rhizosphäre von Mais allein und in Kombination mit Unkräutern in einem Gefäßversuch unter Halbfreilandbedingungen in den Versuchsjahren 2015 und 2016. Verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Kruskal-Wallis-Test, α = 0,05).
(CHEAL: *Weißer Gänsefuß*, ECHCG: *Hühnerhirse*, MATIN: *Geruchlose Kamille*, POLCO: *Windenknöterich*, SOLNI: S*chwarzer Nachtschatten*, VIOAR: *Ackerstiefmütterchen*, ZEAMX: *Mais* (Kontrolle))

Der Gehalt an pflanzenverfügbarem P im Boden wurde 2015 durch die Anwesenheit verschiedener Unkräuter unter Mais erhöht, während 2016 nur tendenziell erhöhte pflanzenverfügbare P-Gehalte ermittelt werden konnten (Abb.1). Pflanzen nutzen unterschiedliche P-Mobilisierungsstrategien, um sich im Boden gespeicherten Phosphor verfügbar zu machen. Um die unkrautartspezifischen P-Mobilisierungsstrategien zu erfassen und ihre Nutzbarkeit im Rahmen einer zeitlich begrenzten Toleranz von Unkräutern im Bestand zu prüfen, bedarf es der ergänzenden Evaluierung im Feldversuch.

Danksagung

Dieses Projekt wurde finanziert durch den Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung Rostock.

Literatur

Adhya, T. K., Kumar N., Reddy G.,. Podile A. R, Bee H. und Samantaray B. (2015): Microbial mobilization of soil phosphorus and sustainable P management in agricultural soils. *Current Science* 108 (7):1280-1287.

Dawson C. J., Hilton J. (2011): Fertiliser availability in a resourcelimited world: production and recycling of nitrogen and phosphorus. *Food Policy* 36:14–22.

Dissanayaka D. M. S. B., Maruyama H., Masuda G. and Wasaki J. (2015): Interspecific facilitation of P acquisition in intercropping of maize with white lupin in two contrasting soils as influenced by different rates and forms of P supply. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 390 (1-2):223-23.

Simpson R. J., Oberson A., Culvenor R. A., Ryan M. H., Veneklaas E. J., Lambers H., Lynch J. P., Ryan P. R., Delhaize E., Smith F. A., Smith S. E., Harvey P. R. und Richardson A. E .(2011): Strategies and agronomic interventions to improve the phosphorus-use efficiency of farming systems. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 349:89–120.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 176–177 (2017)

Effekte verschiedener Phosphordüngestrategien auf Pflanzen- und Bodenparameter in zwei Langzeitfeldversuchen

Theresa Zicker[1], Sabine von Tucher[2] und Bettina Eichler-Löbermann[1]

[1] Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock. [2] Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, Freising.
E-Mail: *theresa.zicker2@uni-rostock.de*

Einleitung

Viele Böden weltweit sind nicht optimal mit Phosphor (P) versorgt und sowohl P-Überschüsse als auch P-Mangel wirken sich ungünstig auf die P-Versorgung der Pflanzen sowie auf die Umwelt aus. Zudem ist im Hinblick auf die Endlichkeit der vorhandenen, abbaufähigen P-Reserven eine effiziente und nachhaltige Nutzung der vorhandenen P-Ressourcen unumgänglich. Das Recycling von organischen Rückständen, wie beispielsweise Kompost oder Stalldung sowie die Erhaltung bodentypischer pH-Werte sind wichtige Beiträge zur Sicherung der P-Versorgung im Pflanzenbau. Langzeitversuche stellen in diesem Kontext ein wichtiges Hilfsmittel zur Beurteilung der agronomischen Auswirkungen verschiedener P-Düngestrategien dar.

Material und Methoden

Zur Untersuchung der Langzweitwirkung verschiedener P-Düngestrategien auf Boden- und Pflanzenparameter wurden Daten zweier Dauerfeldversuche in Deutschland evaluiert. Am Standort Rostock wurde 1998 ein Feldversuch angelegt, welcher der Untersuchung der Einzel- und Wechselwirkungen von organischen und mineralischen Düngemitteln dient. Bei der Bodenart handelt es sich um einen lehmigen Sand und der Bodentyp wurde als Stagnic Cambisol (nach WRB) klassifiziert. Der initiale P-Gehalt (DL) lag bei 4,2 mg P 100 g^{-1} Boden, was der Gehaltsklasse B nach der VDLUFA Klassifizierung entspricht. Die mineralische Düngung erfolgt jährlich und die organische Düngung wird in praxisüblichen Mengen (30 t ha^{-1}) alle drei Jahre appliziert (Tab. 1). Am Standort Freising wurde 1978 ein Feldversuch zur Untersuchung mineralischer P Stufen in Kombination mit verschiedenen Kalkstufen angelegt. Bei der Bodenart handelt es sich um einen schluffigen Lehm und der Bodentyp wurde ebenfalls als Stagnic Cambisol (nach WRB) klassifiziert. Der initiale P-Gehalt (CAL) lag bei 5,2 mg P 100 g^{-1} Boden, was der Gehaltsklasse C nach der VDLUFA Klassifizierung entspricht. Die mineralische Düngung erfolgt jährlich in Stufen P0 = ohne P-Zufuhr, P22 mit 21,8 kg P ha^{-1} a^{-1} und P44 mit 43,6 kg P ha^{-1} a^{-1} (Tab. 1). Seit Versuchsbeginn werden in beiden Versuchen jährlich Bodenproben genommen und hinsichtlich der P-Pools (u.a. DL-P/CAL-P) sowie verschiedener chemischer und physikalischer Parameter analysiert. Weiterhin werden der Ertrag und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die P-Bilanz, welche sich aus P-Zufuhr und P-Abfuhr ergibt, wies in den kombinierten mineralischen und organischen Varianten in Rostock sowie in den hoch versorgten P-Varianten in Freising Überschüsse auf (Tab.1). Die Kontrollen ohne P-Zufuhr hatten einen jährlichen negativen Saldo von 17 bis 23 kg ha^{-1}. Nach 19 Jahren Versuchsdauer in Rostock und 37 Jahren Versuchsdauer in Freising ergaben sich signifikante Effekte der Dünge- und Kalkvarianten auf den Gehalt an pflanzenverfügbarem P im Boden. Dabei wurden zudem große Schwankungen

zwischen den einzelnen Terminen der Probenahmen beobachtet. Es konnte in Varianten mit annähernd ausgeglichener P-Zufuhr kein konstantes Niveau an pflanzenverfügbarem P-Gehalt im Oberboden festgestellt werden. In beiden Versuchen reduzierte sich der Gehalt an pflanzenverfügbarem P in diesen Varianten um ca. 0,3 mg kg^{-1} pro Jahre. Die Gründe hierfür sind noch nicht vollständig geklärt. Als mögliche Ursachen sind vertikale Transportprozesse, chemische Umwandlungen oder eine Immobilisierung des P zu nennen.

Tab. 1: Akkumulierte P-Zufuhr, P-Abfuhr und P-Bilanz in den Versuchen Rostock und Freising

	Rostock (1998-2016)								
Variante	Kontr.	TSP	TSP/ Asche	RD	RD + TSP	RD + TSP/Asche	KOM	KOM + TSP	KOM + TSP/Asche
P-Zufuhr	0	409	348	391	800	739	395	804	743
P-Abfuhr	434	483	452	478	478	496	482	509	521
P-Bilanz	-434	-74	-104	-87	322	243	-87	295	223
Jährl. P-Bilanz	-23	-4	-5	-5	17	13	-5	16	12
	Freising (1978-2014)								
Variante	pH5.0-P0	pH5.0-P22	pH5.0-P44	pH6.2-P0	pH6.2-P22	pH6.2-P44	pH6.5-P0	pH6.5-P22	pH6.5-P44
P-Zufuhr	0	785	1570	0	785	1570	0	785	1570
P-Abfuhr	616	739	785	804	884	948	815	886	945
P-Bilanz	-616	46	785	-804	-99	622	-815	-101	625
Jährl. P-Bilanz	-17	1	21	-22	-3	17	-22	-3	17

Kontr. = Kontrolle, TSP = Triplesuperphosphat, RD = Rinderdung, KOM = Kompost, P0 = ohne P-Zufuhr, P22 = 21,8 kg P ha^{-1} a^{-1}, P44 = 43,6 kg P ha^{-1} a^{-1}

Bezüglich des ermittelten Ertrages konnte bei den angebauten Kulturen in Rostock nicht jedes Jahr ein Einfluss der Düngung festgestellt werden. In der dreigliedrigen Fruchtfolge in Freising bestehend aus Zuckerrübe, Winterweizen und Wintergerste wurden deutliche kulturspezifische Unterschiede beobachtet (Abb. 1). So zeigte sich in der Variante ohne P ein deutlich reduzierter Ertrag bei der Zuckerrübe, wohingegen der Ertrag von Weizen und Gerste durch eine unterlassene P Düngung nicht oder kaum beeinflusst wurde.

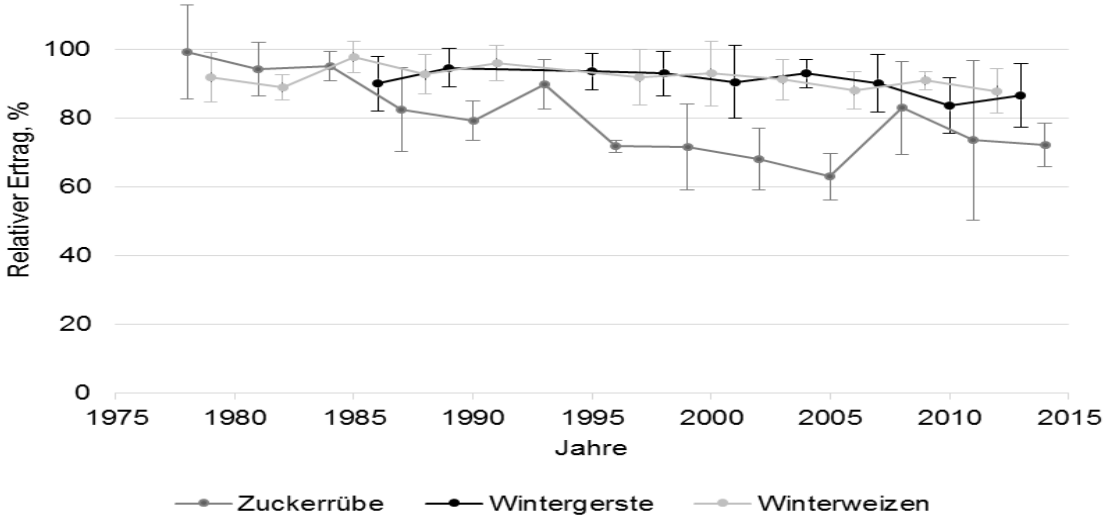


Abb. 1: Relativer TM-Ertrag von Zuckerrübe, Wintergerste und Winterweizen über die Jahre im Versuch Freising

Das BONARES-Projekt InnoSoilPhos (FZK 031A558) wird vom BMBF gefördert.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 178–179 (2017)

Diversität unterirdischer Biomasse von Sommergerstengenotypen unter Einfluss von *Gaeumannomyces graminis var. tritici*

Paula Fuchs, Sarah Zahn, Barbara Koblenz und Olaf Christen

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ Ökologischen Landbau.
E-Mail: *paula.fuchs@student.uni-halle.de*

Einleitung

Die Domestikation von Kulturpflanzen führte zwar zu einem Anstieg der Produktivität, doch gleichzeitig verengte sie ihre genetische Vielfalt. Die Aufgabe, vor der die Pflanzenzüchtung heute steht, ist Kulturpflanzen zu entwickeln, welche auch unter ungünstigen Bedingungen ertragsreich und widerstandsfähig sind. Dazu sollten die wertvollen Eigenschaften der Wildtypen durch Introgressionszüchtung in Hochleistungssorten übertragen werden.
Ziel des Gefäßversuchs lag darin Unterschiede in der unterirdischen Biomasse verschiedener Sommergerstenlinien zu finden. Als weiterer Prüffaktor wurde der Einfluss eines *Gaeumannomyces graminis var*. *tritici Befalls untersucht und nach* möglichen qualitativen Resistenzen der Genotypen gegenüber *der Pilzerkrankung* gesucht.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Gefäßversuch wurden Sommergersten-Introgressionslinien in Gefäßen kultiviert. Die Linien wurden aus einer Kreuzung zwischen der Braugerstensorte Scarlett (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) und der israelischen Wildgerstenakzession ISR 42-8 (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*) entwickelt (Schmalenbach und Pillen, 2006)
Neben einer nicht-infizierten Variante, wurden die Linien in einem mit *Gaeumannomyces graminis* versetzten Boden ausgesät und nach einer vierwöchigen Vegetationszeit die Pflanzen- und Wurzelparameter bestimmt. Die unterirdische Biomasse wurde ausgewaschen und anschließend von verbliebener organischer Substanz und weiteren Störbestandteilen gesäubert. Im Anschluss wurde die Wurzellängendichte mithilfe eines Scanners und der Software WinRHIZO ermittelt. Von allen geernteten Wurzeln wurden Bilder erstellt, indem das gesamte unterirdische Material der Proben gescannt und die entstandenen Wurzelbilder mithilfe des Wurzelvermessungsprogramms WinRHIZO analysiert wurde.

Ergebnisse und Diskussion

In einigen Wurzelmerkmalen konnten signifikante Unterschiede mithilfe der Analyse-Software SAS herausgestellt werden. Die Wurzelmasse der behandelten Variante lag signifikant ($p<0,05$) über der, der unbehandelten. Des Weiteren zeigte der Wurzeldurchmesser der Wurzelklasse von 0 bis 0,08 µm und von 0,5 bis 1 µm zwischen der behandelten und unbehandelten Variante signifikante Unterschiede (Tabelle 1). Durch varianzanalytische Auswertungen wurde eine erhöhte Feinwurzelausbildung bei den mit dem Schadpilz infizierten Pflanzen gefunden; der Grobwurzelanteil hingegen war nicht signifikant.

Tab. 1: Mittelwerte des Wurzeldurchmessers der Klassen von 0 bis 0,08 µm und von 0,5 bis 1 µm der behandelten (B) und unbehandelten (UB) Variante

Wurzeldurchmesser	B	UB
0 - 0,08 µm	408,002	354,168
0,5 - 1 µm	362,580	311,239

Zudem konnten signifikante Unterschiede in der Wurzellänge und dem Wurzelvolumen (Abbildung 1) zwischen den Linien gefunden werden. Tiefwurzelnde Genotypen könnten die Möglichkeit bieten das Wurzelsystem moderner Sorten zu verbessern.

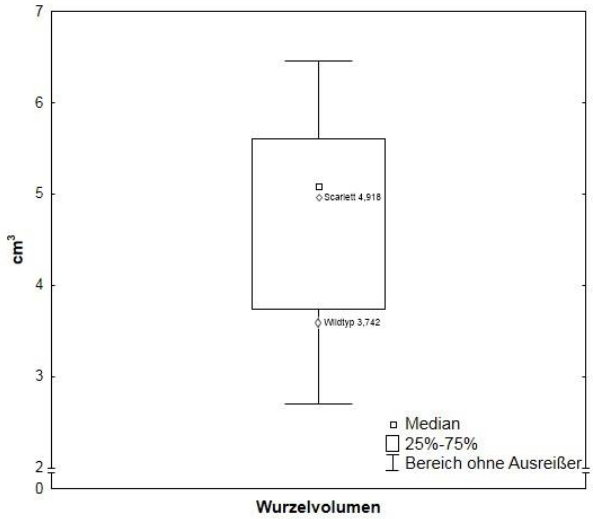


Abb. 1: Mittelwerte des Wurzelvolumens (cm^3) der Introgressionslinien in 2016 und 2017, Scarlett und Wildtyp extra gekennzeichnet

Auch Asher (1972) konnte feststellen, dass samenbürtige Wurzeln in Folge einer Infektion ihrem Wachstum zurückgeblieben waren, angeimpfte Pflanzen jedoch mehr sprossbürtige Adventivwurzeln produzierten als gesunde Pflanzen. Die gewonnen Daten stützend beschrieben Deacon und Henry (1979), dass eine Infektion mit der Pilzerkrankung hauptsächlich ältere Wurzeln betraf, nur wenige der mittelalten und keine der jungen Wurzeln.
Es kann vermutet werden, dass es in Folge eines Befalls mit *Gaeumannomyces graminis* zu einem Kompensationswachstum der Pflanze kommt, um durch eine verstärkte Feinwurzelbildung zu einer besseren Toleranz des Befalls beizutragen.

Literatur

Asher, M. J. C. (1972) Effect of Ophiobolus graminis infection on the growth of wheat and barley, Annals of Applied Biology, 70, S. 215-223.

Deacon J. W., Henry, C. M. (1979) Age of wheat and barley roots and infection by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici,* Soil Biol. Biochem. Vol. 12 pp. 113 to 118.

Schmalenbach, I., Pillen, K. (2006) Selektion von Introgressionslinien in Sommergerste mit dem Ziel der Verifikation von QTLs für Malzqualität, Bericht über die 57. Tagung 2006 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, HBLFA Raumberg-Gumpenstein, 21. - 23. November 2006.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 180–181 (2017)

Dauerfeldversuche in Deutschland – Ergebnisse einer Metastudie

M. Grosse und W. Hierold

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg; E-Mail: *meike.grosse@zalf.de*

Einleitung

BonaRes steht für “Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie”. Es ist ein Forschungsprogramm des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der „Nationalen Forschungsstrategie Bioökonomie 2030“ (www.bonares.de, siehe auch Wollschläger et al. 2016).

Eine Aufgabe des BonaRes-Zentrums ist es, Informationen über landwirtschaftliche Dauerfeldversuche (DFV) in Deutschland bereitzustellen, um deren Sichtbarkeit und Nachnutzbarkeit zu erhöhen. Besondere Beachtung finden dabei DFV mit einer Laufzeit ab 20 Jahren, da sie durch die Möglichkeit zur Identifizierung langfristiger Trends einen besonderen Wert darstellen. Darüber hinaus sind Daten von DFV für die Kalibrierung und Validierung von Modellen wichtig.

BonaRes will Unterstützung für die Bereitstellung von Forschungsdaten aus DFV für die allgemeine Nachnutzung bieten. Dies entspricht den Richtlinien der Deutschen Forschungsgemeinschaft zur Handhabung von Forschungsdaten. Dabei wird das Erstverwertungsrecht des Datenhalters gewahrt und die Langzeitverfügbarkeit der Daten gewährleistet. Die Vergabe eines Digital Object Identifiers (DOI) ermöglicht die Zitierbarkeit eines Datensatzes (Svoboda et al. 2017).

Ein erster Schritt zu einer gemeinsamen Informationsplattform ist eine Zusammenstellung von allen in Deutschland existierenden DFV mit Metainformationen zu jedem Versuch.

Material und Methoden

Die Informationen zu den DFV wurden durch eine umfangreiche Literaturrecherche zusammengestellt. Quellen waren sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch Versuchsführer, Webseiten und persönliche Kommunikation. Besonderes Interesse galt dabei u.a. den Angaben zum Forschungsthema des DFV, der Laufzeit, der betreibenden Institution, der Art der Landnutzung und den analysierten Parametern.

Diese zwar frei verfügbaren, aber verstreut liegenden Informationen wurden gebündelt und in einer interaktiven Online-Übersichtskarte gezeigt. Sie bietet sowohl einen Überblick über die in Deutschland vorhandenen DFV als auch Detailinformationen zu jedem einzelnen Versuch (siehe https://b-web-e.bonares.de/uebersichtskarteDFV/). Verschiedene Aspekte der DFV werden in Themenkarten dargestellt (Zoarder et al. 2017).

Die der Übersichtskarte zugrunde liegenden Metadaten der DFV wurden mithilfe von Excel ausgewertet. Stand der Recherche ist der 09.06.2017.

Ergebnisse und Diskussion

Die bisherige Recherche ergab eine Anzahl von 181 Dauerfeldversuchen. Davon sind 144 Versuche Ackerbauversuche, 35 Versuche Grünlandversuche und zwei Versuche Gemüsebauversuche. 131 Versuche laufen aktuell, 50 sind beendet. Die meisten Versuche sind zwischen 20 und 49 Jahre alt (n=86). 45 Versuche sind zwischen 50 und 99 Jahre alt, drei Versuche sind über 100 Jahre alt (Ewiger Roggen Halle/Saale; Statischer Düngungsversuch Bad Lauchstädt, Dauerdüngungsversuch

Dikopshof). 15 Versuche sind noch unter 20 Jahre alt, erreichen aber während der Laufzeit von BonaRes ein Alter von mindestens 20 Jahren. Der größte Teil dieser Versuche wurde – auch historisch bedingt - mit Fragestellungen zur Düngung angelegt (121 Versuche). Das zweithäufigste Versuchsthema ist Bodenbearbeitung (n=24). Andere Versuchsthemen vor allem von jüngeren Versuchen sind z.B. Beregnung, Bestelltechnik, Distelbekämpfung, Einfluss des Witterungsverlaufs, Fruchtfolgen, Vorfruchtwirkung, Gehölzhäcksel als Mulch zur Unkrautunterdrückung, Kalibrierung von Bodenuntersuchungsmethoden, Klärschlammanwendung (hinsichtlich Schwermetallanreicherung), Leistungsfähigkeit verschiedener Landbausysteme, umweltschonender Pflanzenschutz etc. 159 Versuche laufen unter konventioneller Bewirtschaftung, 14 unter ökologischer, fünf werden als integriert bezeichnet. Drei Versuche vergleichen konventionellen mit ökologischem Landbau. Die betreibende Institution ist bei 84 Versuchen eine Hochschuleinrichtung, bei 59 Versuchen eine hoheitliche Stelle (z.B. ein Landesamt). 21 Versuche werden von außeruniversitären wissenschaftlichen Einrichtungen und 17 von der Industrie betrieben.

Die Recherche zu DFV ist noch nicht abgeschlossen. Die Online-Übersichtskarte wird laufend aktualisiert und erweitert. Es sollen sowohl neue DFV integriert als auch die Details zu jedem DFV ausgebaut werden. Informationen zu DFV können gerne an folgende Email-Adresse geschickt werden: grosse@zalf.de.

Die verbesserte Sichtbarkeit der DFV und die verstärkte Nutzbarkeit der Daten sollen im Gegenzug helfen, die DFV zu erhalten.

Literatur

Wollschläger, U; Helming, K.; Heinrich, U.; Bartke, S.; Kögel-Knabner, I.; Russell, D.; Eberhardt, E. & Vogel, H.-J. (2016): The BonaRes Centre – A virtual institute for soil research in the context of a sustainable bio-economy. Geophysical Research Abstracts Vol. 18, EGU2016-9087,

http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016/EGU2016-9087.pdf

Svoboda, N.; Zoarder, M.A.M.; Gärtner, P.; Hoffmann, C. & Heinrich, U. (2017): Increasing the international visibility of research data by a joint metadata schema. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-8360,

http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-8360.pdf

Zoarder, M.A.M.; Heinrich, U.; Svoboda, N.; Grosse, M. & Hierold, W. (2017): Overview of Long-Term Field Experiments in Germany – Metadata Visualization. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-8537,

http://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2017/EGU2017-8537.pdf

Internet

www.bonares.de allgemeine Informationen zu BonaRes, zuletzt abgerufen am 09.06.2017
https://b-web-e.bonares.de/uebersichtskarteDFV/ Online-Übersichtskarte zu Dauerfeldversuchen, zuletzt abgerufen am 09.06.2017

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 182–183 (2017)

Beeinflussung des Wurzelwachstums bei Wechselweizen (*Triticum aestivum* L.) durch biologisch aktive Substanzen – Ein innovativer Lösungsansatz zur Verbesserung der N-Effizienz?

Tobias Kirschke[1*], Barbara Koblenz[2], Heike Hahn[3] und Olaf Christen[2]

[1]Agrochemisches Institut Piesteritz e.V. (AIP), AN-Institut der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06886 Lutherstadt Wittenberg. [*] *tobias.kirschke@landw.uni-halle.de.* [2] Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, 06120 Halle/ Saale. [3] SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Land-wirtschaftliche Anwendungsforschung, 04451 Cunnersdorf.

Einleitung

Hohe Einträge von Stickstoff (N)-Verbindungen aus der Landwirtschaft in die Umwelt führen oftmals zu Störungen und schwerwiegenden Veränderungen der natürlichen Systeme. Dabei sind insbesondere bei einer mineralischen Düngung die Gefahren von N-Verlusten in Form von Ammoniak, Lachgas und Nitrat sehr groß (Crews und Peoples 2005). In der Vergangenheit wurden bereits eine Vielzahl an Untersuchungen zur Steigerung der N-Effizienz von mineralischen Düngern zur Fruchtfolge, Züchtung, Zwischenfrüchten, Düngungsstrategien etc. durchgeführt (Hirel et al. 2011). Des Weiteren konnte partiell ein enger Zusammenhang zwischen einem erhöhten Wurzelwachstum und einer damit verbundenen N-Effizienzsteigerung nachgewiesen werden (Garnett et al. 2009).
Einen neuen innovativen Lösungsansatz könnten biologisch aktive Substanzen in Düngemitteln bieten, durch welche N-Umlagerungsprozesse im wurzelnahen Raum sowie der N-Metabolismus in der Pflanze gesteuert werden können. Durch vorteilhafte Effekte dieser Moleküle auf die N-Aufnahme und N-Verwertung sollen Erträge und Qualität positiv beeinflusst sowie eine deutliche Minderung der N-Einträge in die Umwelt bewirkt werden. Im Detail wird in dieser Studie die Wirkung der Substanzen auf das Wurzelwachstum und die N-Effizienz untersucht.

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch wurden die Effekte von biologisch aktiven Substanzen auf die Wurzelentwicklung von Wechselweizen (*Triticum aestivum* L.) unter kontrollierten Gewächshausbedingungen auf einer Parabraunerde (Pa) (Bodenart SLu, 53 Bodenpunkte, C_{org} 0,93 %, pH 6,3) sowie einem Lössboden (Lö) (Bodenart Ut4, 80 Bodenpunkte, C_{org} 1,47 %, pH 6,7) untersucht. Hierfür wurden in einer Blockanlage drei biologisch aktive Prüfsubstanzen (PS1, PS2, PS3) mit einer unbehandelten Kontrolle (Ctl) in sechsfacher Wiederholung randomisiert angelegt und als einmalige Gabe mit einer Konzentration von 1 mM zum BBCH 13, mittels eines Airbrush-Geräts, appliziert.
In 1 m langen und mit einem Innendurchmesser von 74 mm farblosen PVC-Röhren, wurde je 1 Sämling bei einer Trockenrohdichte von 1,4 g cm^{-3} und einer einheitlichen Düngemenge von 282 kg N ha^{-1} KAS mit 4 % Mg0 (bezogen auf 0-20 cm Bodentiefe) aufgezogen. Während der gesamten Versuchsdauer wurden die Röhren innerhalb alle 48-60h auf 60% der maximalen Wasserkapazität oberflächlich aufgefüllt.
Zur Analyse des Wurzelwachstums der Weizenpflanzen wurde die sogenannten „line intersect Methode“ angewandt, bei der die Wurzelbeobachtungen an den Außenseiten der Plexiglaswände stattfanden. Hierbei wurden die Schnittpunkte der sichtbaren Wurzeln mit einem vorgegebenen Kreisgitter erfasst und als Wurzelintensität (Anzahl der Wurzelschnittpunkte m^{-1} Rasterlinie) ausgedrückt. Diese

nicht-destruktive Methode basiert auf den Erkenntnissen von (Newman 1966) und wurde von (Tennant 1975) modifiziert. Ein permanent auf den Außenwänden befestigtes Raster mit im Durchmesser 2 cm Kreisen ermöglichte eine kontinuierliche Bestimmung des Wurzelwachstums an denselben Bereichen. Die Erfassung der Schnittpunkte mit den Kreisen erfolgte in 5 Säulentiefen (3-15, 23-35, 43-55, 63-75 sowie 83-95 cm) zu 8 Terminen (unmittelbar vor der Applikation (1), in einem darauffolgenden wöchentlichen Turnus (2-6), zur Blüte (7), sowie zur Ernte (8). In einer zweiten Methode wurden zur Ernte der Pflanzen die Bodenmonolithe in die o.g. 5 Tiefen segmentiert, die Pflanzenwurzeln vom Bodenmaterial abgetrennt und mittels der Software WinRHIZO® (Regent Instruments Canada Inc., 2013) deren exakten Eigenschaften bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Eine explizite Wirkung der PS auf die Wurzelentwicklung war zu keinem Untersuchungstermin erkennbar. Zudem divergierten die Werte innerhalb einer Behandlung sehr stark voneinander. Dennoch wiesen die Varianten mit Lö-Boden, gegenüber denen mit Pa-Boden, zu annähernd allen Zeitpunkten signifikant (nicht dargestellt) höhere Wurzelintensitäten auf (Abb. 1). Dies kann einerseits auf die verbesserten Bodenbedingungen beim Lö zurückzuführen, jedoch andererseits auch in der methodischen Herangehensweise begründet sein. Durch einen Vergleich der Wurzelintensität mit den Wurzeleigenschaften der ausgewaschenen Wurzeln lassen sich abschließend Aussagen zur Güte der line intersect Methode treffen.

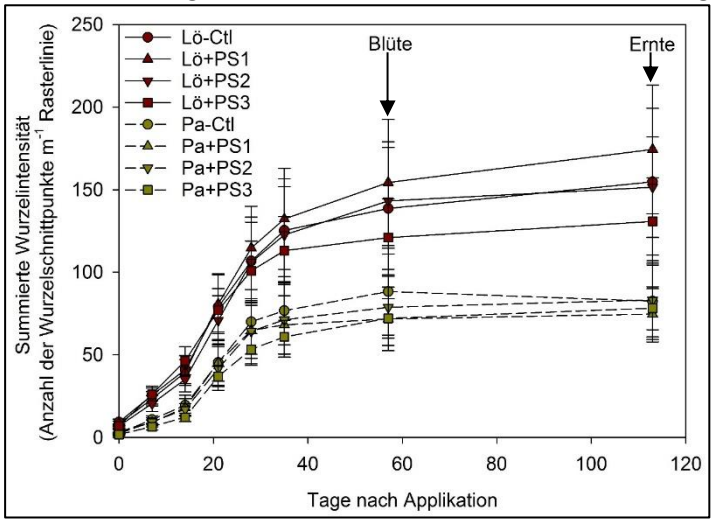


Abb. 2: Verlauf der Wurzelintensität von Wechselweizen in Abhängigkeit von der Behandlung mit 3 biologisch aktiven Prüfsubstanzen (PS1, PS2, PS3), verglichen mit einer unbehandelten Kontrolle (Ctl), auf einem Lössboden (Lö) sowie einer Parabraunerde (Pa). Die Fehlerbalken bilden die Standardfehler der Mittelwerte ab (n=6).

Literatur

Crews, Timothy E.; Peoples, Mark B. (2005): Can the Synchrony of Nitrogen Supply and Crop Demand be Improved in Legume and Fertilizer-based Agroecosystems? A Review. In: Nutr Cycl Agroecosyst 72 (2), S. 101–120. DOI: 10.1007/s10705-004-6480-1.

Garnett, Trevor; Conn, Vanessa; Kaiser, Brent N. (2009): Root based approaches to improving nitrogen use efficiency in plants. In: Plant, cell & environment 32 (9), S. 1272–1283. DOI: 10.1111/j.1365-3040.2009.02011.x.

Hirel, Bertrand; Tétu, Thierry; Lea, Peter J.; Dubois, Frédéric (2011): Improving Nitrogen Use Efficiency in Crops for Sustainable Agriculture. In: Sustainability 3 (12), S. 1452–1485. DOI: 10.3390/su3091452.

Newman, E. I. (1966): A Method of Estimating the Total Length of Root in a Sample. In: The Journal of Applied Ecology 3 (1), S. 139. DOI: 10.2307/2401670.

Tennant, D. (1975): A Test of a Modified Line Intersect Method of Estimating Root Length. In: The Journal of Ecology 63 (3), S. 995. DOI: 10.2307/2258617.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Landes Sachsen-Anhalts sowie des Europäischen Struktur- und Investitionsfonds.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 184–185 (2017)

Importance of yield stability in winter wheat production: a survey of German farmers and advisors' views

Janna Macholdt und Bernd Honermeier

Department of Agronomy, Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Justus-Liebig-University Giessen, Giessen. E-Mail: *janna.c.macholdt@agrar.uni-giessen.de*

Introduction

Although yield stability of winter wheat is a relevant issue in agronomic practice, most studies only focus on improving grain yields of wheat and neglect its yield stability. Thus, there is a lack of information on the yield stability of wheat. Therefore a comprehensive survey based on expert interviews was conducted to narrow this gap. The objective of this study was to present comprehensive information about the current importance of yield stability of winter wheat production in Germany.

Material and methods

The study was carried out nationwide in Germany from January to March 2017, based on a standardized online survey. Farmers and advisors with experience in wheat cultivation or research were invited as target groups to participate in the survey. A sample size of 615 questionnaires (474 farmers and 141 advisors) formed the data for this study. The questionnaire included general topics (region, working area, experience, acreage, etc.) and eight specific topics about yield stability of winter wheat. The survey comprised questions with answers in the form of multi-selections and single selections as well as free text fields for additional comments.

Results and discussion

The majority of respondents (farmers: 57 %, advisors: 60 %) stated that yield stability of wheat is very important. None of the respondents considered that yield stability was of low importance, and only a small number abstained. With climate change, the yield stability of wheat cultivars has become more important to farming practice. This view was taken by 67% of farmers and 50% of advisors interviewed in this study, with only a small percentage (4-6%) of respondents denying it. A further 16% of farmers and 36% of advisors were undecided on this issue. Interestingly, there was a significant positive correlation ($R=0.61$; $p<0.05$) between farmers reporting drought stress during spring/early summer and farmers' perceptions that yield stability of wheat cultivars will become more important with climate change.

Furthermore, nearly half of all respondents claimed yield stability was more important than absolute yield size. Only a small number rejected this. Additionally, 41% of respondents ascribed an equal importance to yield stability and yield size. A significant correlation ($R=0.65$; $p<0.05$) was calculated for the association between soil quality and farmers' assessment of the importance of yield stability. The lower the soil quality on their farmland, the higher farmers ranked the importance of yield stability in their wheat production.

In this study, farmers assessed cultivar choice, crop rotation, and plant protection as the three most important agronomic management practices that can have a positive impact on the yield stability of winter wheat (Table 1). Mineral fertilization and soil cultivation were assigned as having medium importance, while sowing date, organic fertilization and sowing density were seen as being of minor importance. Advisors ranked the management practices likewise. The only difference between

farmers and advisors was that more advisors (70%) ascribed a very high positive impact to cultivar choice than farmers (52%). Additionally, farmers (n = 92) commented in the free text fields that they saw plant breeding as the most promising approach for improving yield stability of winter wheat. Several farmers (n = 49) used the free text field to underline the importance of sufficient and well-balanced macro- and micronutrient supply for yield stability. Additionally, advisors (n = 63) used the free text fields to highlight the importance of straw manure for soil fertility and increasing humus content in the soil, especially with regard to yield stability and climate change adaptation.

Table 1. Farmer evaluation (n = 474) of the impact of different agronomic management practices on yield stability of winter wheat.

Response option	Very high [%]	High [%]	Intermediate [%]	Low [%]	Not specified [%]
Cultivar choice	52	35	2	0	11
Crop rotation	49	36	4	0	11
Plant protection	46	36	5	0	12
Mineral fertilization	37	41	9	1	12
Soil cultivation	36	41	11	0	12
Sowing date	22	42	23	1	12
Organic fertilization	19	33	26	8	14
Sowing density	17	42	28	3	10
Irrigation	9	8	22	27	34

Farmers and advisors ranked the effects of different soil cultivation systems on yield stability of wheat production almost identically. Conventional soil tillage (ploughing) was ranked first, as the best variant for stable wheat yields. The soil conservation system with intensive and deep soil cultivation was ranked second, with positive or neutral effects on yield stability. Conversely, respondents ascribed neutral or even adverse effects to extensive variants of soil conservation systems (shallow, extensive) and especially for no-till farming.

Cultivar choice is another very important tool in cereal production, and can have positive effects on the yield stability of winter wheat. In this study, 10% of the farmers interviewed attributed hybrid cultivars to higher yield stability, 24% of farmers ascribed similar yield stability for both types, and 12% ascribed lower yield stability to hybrids in comparison to line cultivars. Comparatively, the estimations of the advisors were relatively equal. Overall, more than half of respondents abstained from this question.

However, yield stability is affected by many environmental, genetic, and agronomic factors and is therefore a complex issue. Hence, yield stability in farming practice must be analyzed and improved in a systems approach. Further research effort seems to be needed in this field.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 186–187 (2017)

Einfluss des Entspelzens bei Dinkel unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka und Kathrin Cais

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; E-Mail: *peer.urbatzka@LfL.bayern.de*

Einleitung

Dinkel zählt im ökologischen Landbau zu den wichtigen Brotgetreiden. Bei der Saat im Spelz besteht ein hohes Verstopfungsrisiko mit der Folge einer ungleichmäßigen Verteilung. Seit wenigen Jahren wird entspelztes Saatgut am Markt angeboten. Daher wurde an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) in Zusammenarbeit mit den Ämtern für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten in Augsburg und Würzburg der Einfluss des Entspelzens in Feldversuchen erhoben.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden zu den Ernten 2015 und 2016 auf insgesamt drei Standorten in Bayern durchgeführt. Diese waren Hohenkammer im Ldk. Freising (HOH; Ackerzahl 55 bzw. 62, sL, langjährige Mittel 816 mm; 7,8 °C), Wilpersberg im Ldk. Aichach-Friedberg (WIL; Ackerzahl 60, uL, langjährige Mittel 887 mm; 8,3 °C) und in Obbach im Ldk. Schweinfurt (nur 2016; OBB; Ackerzahl 68, uL, lj. Mittel langjährige Mittel 695 mm; 9,0 °C). Es wurden vier entspelzte Varianten zu nicht entspelzten Saatgut der jeweils gleichen Saatgutpartie verglichen. Das Saatgut wurde an der LfL mit einem Getreideschäler der Firma Osttiroler Getreidemühlen oder seitens des vorgelagerten Bereichs (Züchter oder Vermehrungsorganisation) entspelzt.

Die Saat der Sorten Franckenkorn, Oberkulmer Rotkorn (nur 2015), Attergauer (nur 2016) und Zollernspelz erfolgte Anfang bis Mitte Oktober mit 200 kg/ha im Spelz (OBB 160 kg/ha) und mit 350 keimfähigen Körnern je m² in den entspelzten Varianten. Vorfrucht war zur Ernte 2015 Körnerleguminose und zur Ernte 2016 Kleegras bzw. in HOH Winterweizen und Vorvorfrucht Kleegras. Die Bonituren und Erhebungen wurden nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (2000), der Triebkrafttest nach ISTA (1995, 2012) durchgeführt. Als Versuchsanlage wurde eine einfaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen gewählt. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3.

Ergebnisse und Diskussion

Der Versuch zur Ernte 2016 musste in Hohenkammer aufgrund eines sehr hohen Befalls mit Schwarzbeinigkeit (*Ophiobolus graminis*) im Juni abgebrochen werden.

Beim verwendeten Saatgut zur Ernte 2015 lag die Triebkraft zwischen 14 und 53 Prozentpunkte niedriger bei den an der LfL in Freising entspelzten Varianten als bei den im Spelz gesäten und vom Züchter entspelzten Varianten (Tab. 1). Folge waren auf beiden Standorten verringerte Bodendeckungsgrade, eine reduzierte Massenbildung, verminderte Bestandesdichten (eine Ausnahme) und letztendlich ein geringerer Kornertrag bei den an der LfL entspelzten Varianten im Vergleich zu im Spelz gesät (Tab. 1). Beim vom Züchter entspelzten Saatgut fiel der Vesenertrag ebenfalls ab und war auf einem Standort signifikant geringer. Aber im Vergleich zu dem an der LfL entspelzten Saatgut lag der Kornertrag signifikant höher.

Zur Ernte 2016 war der Triebkraftwert des Saatgutes mit über 90 % mit Ausnahme der Sorte Attergauer entspelzt in einem sehr guten Bereich (Tab. 2). Ursache waren vermutlich die besseren Erntebedingungen 2015 als 2014. Lediglich bei der Sorte Attergauer fiel der Vesenertrag beim Einsatz entspelzten Saatgutes auf einem der zwei wertbaren Standorte etwas geringer aus (Tab. 2). Auch von Link und Heilig (2015) wurden in einem zweijährigen Versuch ab einer Saatstärke von 240 Körnern m^{-2} ein vergleichbarer Ertrag zwischen von einer Vermehrungsorganisation entspelzten und im Spelz gesäten Sorten festgestellt. Ergo ist eine möglichst schonende Entspelzung für das Saatgut von größter Priorität.

Tab. 1: Ergebnisse der Ernte 2015 auf den Standorten

		Trieb-kraft[3]	**Vesenertrag (dt/ha)**		**Bodendeckung (%)**		**Bestandessdichte (Ähren m^{-2})**		**Massen-bildung[6]**
			HOH	WIL	HOH[4]	WIL[5]	HOH	WIL	HOH
Francken-korn	Spelz	99	44,4 b	57,3 a	19,5 a	33,5 a	385 a	403 a	6,8 a
	entspelzt1	82	37,8 c	50,3 b	6,8 d	22,3 b	264 bc	374 a	5,0 b
Zollernspelz	Spelz	98	48,8 a	53,4 b	11,3 c	31,8 a	389 a	362 a	5,0 b
	entspelzt1	84	37,8 c	43,1 c	4,8 e	20,5 b	263 bc	299 ab	3,0 c
	entspelzt2	98	45,1 b	49,8 b	15,0 b	21,8 b	353 a	388 a	5,3 b
Oberkulmer Rotkorn	Spelz	88	35,1 c	34,9 d	10,0 c	32,8 a	286 b	341 a	5,0 b
	entspelzt1	35	28,8 d	28,8 e	1,3 f	20,5 b	206 c	231 b	3,3 c

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), [1] = entspelzt in FS, [2] = entspelzt von Vermehrungsorganisation oder Züchter, [3] = Ergebnis Kalttest in %, [4] am 24.11.2014, [5] = am 5.5.2015, [6] am 27.4.2015 in Noten von 1-9, wobei 1 = gering

Tab. 2: Ergebnisse der Ernte 2016 auf den Standorten

		Trieb-kraft[3]	**Vesenertrag (dt/ha)**		**Bodendeckung (%)**		**Bestandessdichte (Ähren m^{-2})**		
			OBB	WIL	HOH[4]	WIL[5]	HOH[6]	OBB	WIL
Francken-korn	Spelz	99	63,1 a	54,9 ab	13,3 bc	39,8 a	652 ab	389 a	409 a
	entspelzt[1]	91	62,8 a	53,7 b	12,0 bc	35,8 ab	683 ab	321 b	419 a
	entspelzt[2]	93	64,1 a	54,4 ab	15,5 b	36,8 ab	593 b	406 a	396 a
Zollernspelz	Spelz	94	60,1 ab	57,2 ab	20,0 a	33,8 ab	754 a	383 a	459 a
	entspelzt[2]	93	60,5 ab	58,4 a	23,8 a	33,0 ab	647 ab	381 a	442 a
Attergauer	Spelz	97	53,2 bc	43,8 c	15,0 b	35,5 ab	630 ab	385 a	397 a
	enttspelzt[2]	70	50,4 c	44,5 c	9,3 c	30,3 b	487 c	377 a	451 a

Legende siehe Tab. 1, außer [4] am 17.11.2015, [5] am 25.4.2016, [6] Keimdichte am 27.10.2015

Literatur

Bundessortenamt (Hrsg.) (2000) Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch Verlagsgesellschaft mbH, Hannover.

ISTA (International Seed Testing Association) (1995) Handbook of Vigour Test Methods. Zürich, Schweiz.

ISTA (International Seed Testing Association) (2012) International Rules for Seed Testing. Zürich, Schweiz.

Link S., Heilig W. (2015): Der Dinkel – Das „Schwabenkorn“. Landinfo 5, 13-14.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 188–189 (2017)

Response of hybrid wheat varieties to different sowing time

Yazdan Vaziritabar, Yavar Vaziritabar, Janna Macholdt und Bernd Honermeier*

*Justus-Liebig-University Giessen, Dep of Agronomy, Institute of Agronomy and Plant Breeding I, BFS (Biomedical Research Centre Seltersberg), Schubertstr. 81, D-35392 Giessen, Germany.
E-Mail: *yazdan.vaziritabar@agrar.uni-giessen.de*

Introduction

Due to flowering development and architecture wheat (*Triticum aestivum*) has a strong inbreeding nature resulting in difficulties in hybrid wheat breeding. Nevertheless, because of improved methods in genetic engineering there is currently an increasing number of hybrid wheat cultivars coming onto the marked. As measured by grain yield effects the heterosis of wheat hybrids may vary from 3.5 to 15 % (Longin et al. 2012). The variation of the properties of those hybrid cultivars like drought tolerance, plant development and grain quality is quite large. For that reason, an improved understanding of the wheat hybrids reaction on varying growing conditions is needed.

Therefore, we established a field experiment on clay and sandy soil conditions to investigate the response of wheat hybrids on different sowing times compared to conventional cultivars.

Material and method

The field experiment was established in 2015/16 in the research stations Giessen (GI) (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, yearly precipitation: 650 mm, air temperature: 8.1 °C) and Gross Gerau (GG) (49.45 °N, 8.29 °E; altitude 90 m, yearly precipitation: 600 mm, air temperature: 9.8 °C). The field experiment includes two main treatments (1) three different sowing times and (2) wheat cultivars including four hybrids and five or six lines (Table 1) arranged as a randomized complete block design with four replications. The wheat was fertilized with 170 kg N/ha (70, 70, 30 kg N/ha, Nmin: 30 kg N/ha) in GI and with 130 kg N/ha (70, 60 kg N/ha, Nmin: 12 kg N/ha) in GG. The three sowing times have been extended over a period of four weeks from beginning of October until beginning of November (Tab. 1).

Results and discussion

Wheat cultivars reached a mean yield level of 108.8 dt/ha in GI and 85.2 dt/ha in GG. The higher grain yield performance in GI can be explained by favourable soil conditions (clay soil) which are characterized by higher water holding and cation exchange capacity.

In GI both main treatments the sowing time as well as the cultivar significantly modified the received grain yields (Tab. 1). Surprisingly, the latest sowing at beginning of November led to highest grain yields compared to earlier sowing. This phenomenon was caused by favourable conditions during plant development in autumn and early spring which encourages the plant growth in favour of late planted wheat. On the contrary to GI in GG no differences between mean grain yields depending on sowing times have been found. In all three treatments of sowing time the same grain yield of about 83.0 dt/ha was reached.

On sandy soil in GG the investigated hybrids had the same grain yield level (means of the three sowing times) varying from 82.8 dt/ha (cv. Hystar) to 83.1 dt/ha (cv.

Hybred and Hybery) compared to the line cultivars varying from 81.7 dt/ha (cv. Tabasco) to 83.7 dt/ha (cv. Egoist, cv. Meister).

Table. 1: Effect of delayed sowing of winter wheat cultivars (hybrids vs. lines) on grain yield (dt/ha), field trials in Giessen (GI) and Gross Gerau (GG) 2016.

Cultivars		Giessen (GI)			Groβ Gerau (GG)		
		Sowing Time (ST)			Sowing Time (ST)		
		8.10.2015	26.10.2015	6.11.2015	12.10.2015	26.10.2015	9.11.2015
Hybred	H	-	-	-	83.1	83.0	83.1
Hybery	H	-	-	-	84.4	82.4	82.4
Hyland	H	105.5	105.3	108.8	83.0	82.5	83.1
Hystar	H	98.0	106.7	109.6	84.3	81.3	82.9
Hyvento	H	90.7	93.4	100.9	-	-	-
Hylux	H	103.6	105.7	105.9	-	-	-
Ambello	L	84.3	92.5	89.1	-	-	-
Lear	L	94.3	94.8	99.3	81.8	84.5	83.9
Linus	L	90.4	94.8	91.8	82.7	82.9	84.1
Tabasco	L	96.2	93.8	98.0	82.5	80.8	81.6
Meister	L	91.9	90.6	96.4	85.2	83.8	82.0
Faustus	L	96.5	99.8	102.1	-	-	-
Egoist	L	-	-	-	81.0	86.4	83.6
Mean hybrids		**99.4**	**102.8**	**106.3**	**83.7**	**82.3**	**82.9**
Mean lines		**92.3**	**94.4**	**96.1**	**82.6**	**83.7**	**83.0**

Giessen: LSD CV 5% = 4.7 dt/ha; $p < 0.001$ Gross Gerau: LSD (CV x ST) 5% = 2.6 dt; p 0.004
LSD ST 5% = 2.5 dt/ha; $p < 0.001$

In GI the wheat hybrids were superior to the lines expressed by higher grain yields of 99.4 dt/ha (107%) in early sowing, 102.8 dt/ha (109%) in second sowing and 106.3 dt/ha (111%) in latest sowing, respectively. Delayed sowing led to increased differences between both groups of wheat cultivars.

In GG an interaction between sowing time (ST) and cultivar (CV) (p value: 0.004) was found. This interaction was caused by different reaction of the cultivars on delayed sowing. Cv. Hystar and cv. Meister reduced but cv. Lear and cv. Egoist increased its grain yields induced by delayed sowing. In contrary to GG no ST x CV interaction was found in GI.

In the frame of the current study it can be concluded that wheat hybrids exploited its higher grain yield potential only under favourable soil conditions. Under these conditions the superiority of the hybrids was enhanced by delayed sowing time in autumn.

Literature

Longin C. F. H., Mühleisen J., Maurer H. P., Zhang H., Gowda M., Reif J. C. (2012). Hybrid breeding in autogamous cereals. Theor. Appl. Genet. 125, 1087–1096

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 190–191 (2017)

Anpassung und Eignung von Composite Cross Winterweizen-Populationen und anderen Phänotypen auf unterschiedliche N-Versorgungsniveaus

O. Weedon, S. Heinrich, J. Schmidt, A.V. Vijaya Bhaskar und M.R. Finckh

Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Witzenhausen.
E-Mail: *odetteweedon@uni-kassel.de.*

Einleitung

Das Projekt INSUSFAR (Innovative Lösungsansätze zur Optimierung genetischer Diversität für nachhaltige Anbausysteme der Zukunft) ist eine Zusammenarbeit von sechs deutschen Projektpartnern. Wichtigstes Ziel von INSUSFAR ist ein Beitrag zum Verständnis der optimalen intra-spezifischen Diversität im Winterweizen für nachhaltige Anbausysteme. Eine wichtige Komponente nachhaltiger Anbausysteme ist die Selbstregulation, die es ermöglicht, externe Inputs zu reduzieren, während gleichzeitig das Ertragsniveau des Systems erhalten oder erhöht wird. Zusätzlich bieten diese Anbausysteme den Vorteil zahlreicher sog. ecosystem services (*Altieri 1999*). Unterschiedliche Evolutionsramsche (engl: Composite Cross Population, CCP) und Genotypen einschließlich kommerzieller Sorten und Selektionslinien aus CCPs werden unter hohem und niedrigem Düngungsniveau untersucht. Speziell soll die Frage beantwortet werden, ob ein Anbau der CCPs über mehrere Jahre hinweg unter unterschiedlichen Anbaubedingungen bereits zu Anpassung an unterschiedliche Inputs geführt hat. Die kommerziellen Sorten und Selektionslinien repräsentieren ein breites Spektrum unterschiedlicher morphologischer Typen und wurden ausgewählt, um ihre Eignung und Leistung unter spezifischen Input-Bedingungen zu untersuchen.

Material und Methoden

Insgesamt 10 CCPs, die über 9 Jahre stark unterschiedlichen Umweltbedingungen ausgesetzt waren (unterschiedliche N-Niveaus, mit und ohne Untersaaten, ständige Umweltänderungen, 10 kommerzielle Sorten und 15 Selektionslinien aus CCPs und anderen Materialien wurden unter ökologischen Anbaubedingungen mit zwei N-Input Niveaus (0 kg N/ha und 100 kg N/ha) in einer zweifaktoriellen, randomisierten Versuchsanlage mit vier Wiederholungen und in 18 m² großen Parzellen (12 x 1,5 m) über zwei Jahre seit 2015/16 verglichen. Bonituren umfassten den Deckungsgrad von Weizen und Beikräutern am Ende des Winters (BBCH 30-31), endgültige Bestandeshöhe, Anzahl ährentragender Halme/m², Ernteindex, Korn- und Strohertrag und Tausendkorngewicht (TKG). Zusätzlich wurde Rohprotein (%) erfasst. Ergänzend wurden zwischen Mai und Ende Juni dreimal Blattkrankheiten bonitiert und Anfang Juli die Fußkrankheiten.

Ergebnisse und Diskussion

Als wichtigste Blattkrankheit der Anbausaison 2015/16 trat Gelbrost (*Puccinia striiformis*) auf. Im Jahr 2016 variierte der kumulative Befall (Fläche unter der Befallskurve FUDBK) zwischen 336 für die Hybridsorte Hybery bis 1548 in einer dänischen Einzellinie SLM Ferrari. Die CCPs zeigten während der Boniturperiode im Gegensatz zu einigen anfälligen Selektionen und kommerziellen Sorten nur geringen Befall. Der mittlere FUDBK Wert war in der gedüngten Variante signifikant höher

(766) als bei den Parzellen ohne zusätzlichen N-Input (662). Nach Starkregen im Juli trat Lager auf, überwiegend in den gedüngten Wiederholungen.

Nur die Hybridsorte Hybery und die Sorten Achat und Elixer (C-Klasse) übertrafen die CCPs im Ertrag. Die Erträge für 2016 waren eher niedrig, der mittlere Ertrag für die ungedüngte Behandlung lag bei 3,7t/ha und 3,8t/ha für die gedüngte Behandlung. Die Erträge der aus den CCPs selektierten Reinlinien lagen unter denen der Sorten und der CCPs. Da sie auch hoch anfällig gegen Gelbrost waren, ein Hinweis darauf, dass in Hinblick auf Resistenz und möglicherweise Ertrag die Selektionen nicht erfolgreich waren. Im Mittel hatte das N-input Niveau einen signifikanten Einfluss auf die Erträge ($p<0,05$), und es lag auch eine hoch signifikante Interaktion ($p<0,001$) zwischen N-Niveau und den Gruppen CCP, Einzellinien und Sorten vor. Alle Sorten reagierten positiv im Ertrag auf den höheren N-Input. Im Gegensatz dazu waren die Reaktionen der CCPs und Linien nicht einheitlich. Der Ertrag der konventionell geführten CCPs war bei beiden N-Levels gleich. Eine der ökologisch geführten CCPs (YQII) reagierte jedoch signifikant positiv auf erhöhten N-Input. Die Bonituren für das zweite Jahr (2016/17) finden zwischen Mai und Juli statt und mit der Ernte ist Mitte August zu rechnen. Vorläufige Ergebnisse aus 2017 werden mit präsentiert werden.

Literatur

Altieri M (1999) The ecological role of biodiversity in agroecosystems. Agriculture, Ecosystems and Environment 74: 19-31.

Danksagung

Dieses Projekt wurde durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF: FKZ 031A350C) gefördert.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 192–193 (2017)

Einflüsse des Gemengeanbaus auf die Braugerstenqualität im ökologischen Landbau

T. Wiskott, I. Kühling und D. Trautz

Hochschule Osnabrück, Osnabrück. E-Mail: *alma.wiskott@hs-osnabrueck.de*

Einleitung

Ziel einer gelungenen Braugerstenproduktion sind hohe Erträge und ein hoher Vollgerstenanteil (≥ 95 %) mit geringem Proteingehalt (≤ 11,5 %) (Schildbach 2013). In der ökologischen Landwirtschaft ist die Nährstofffreisetzung stark an die Witterungsbedingungen gekoppelt und somit schwer zu beeinflussen. Demnach sind auch die Bestandsentwicklung und Inhaltsstoffe der Braugerste schwer zu steuern.
Der Gemengeanbau bietet dem Landwirt eine zusätzliche Möglichkeit das Pflanzenwachstum zu beeinflussen. Untersuchungen zum Mischanbau von Getreide zeigen, dass u.a. der Proteingehalt des Korns beeinflusst werden kann (Bedoussac et al. 2015; Jensen et al. 2006). Dies wirkt sich positiv auf die Ertragsstabilität und somit auf die Wirtschaftlichkeit der Anbausysteme aus (Bedoussac et al. 2015). Bisherige Studien untersuchen zumeist den Gemengeanbau von Getreide mit Leguminosen, wo der Proteingehalt im Korn aufgrund der geringeren Stickstoffkonkurrenz für das Getreide erhöht wird (Bedoussac et al. 2015; Hof-Kautz et al. 2007). Paulsen und Seling (2007) finden auch im Gemengeanbau von Sommerweizen mit Leindotter und Öllein erhöhte Proteingehalte im Getreidekorn und ein erhöhtes Tausendkorngewicht (TKG). Heimler, Aigner, und Kandler (2004) bestätigen diese Ergebnisse im Weizenanbau, finden jedoch tendenziell gesenkte Proteingehalte im Braugersten-Leindotter-Anbau. Pflaum et al. (2011) untersuchten die Eignung der Braugerste als Stützfrucht im Linsenanbau, verzeichneten jedoch mit steigendem Linsenanteil auch steigende Proteingehalte im Gerstenkorn, sodass die Gerste nicht als Braugerste vermarktet werden konnte. Insgesamt ist die Auswirkung des Gemengeanbaus auf die Braugerstenqualität somit nicht eindeutig geklärt. Der vorliegende Versuch soll helfen diese Zusammenhänge besser zu verstehen.

Material und Methoden

In einem randomisierten Feldversuch mit 4-facher Wiederholung wird die Eignung drei verschiedener Gemengepartner auf Braugerstenertrag und -qualität unter ökologischen Bedingungen auf Flächen der Hochschule Osnabrück (Waldhof) untersucht. Als Gemengepartner wurden Erbse (*Pisum sativum* cv. Rocket), Leindotter (*Camelina sativa*) und Öllein (*Linum usitatissimum* cv. Lirina) gewählt. Es wurden zwei Braugerstensorten (*Hordeum vulagare* cv. Marthe und Odilia) und fünf verschiedene Mischungsverhältnisse (100:0; 90:50; 75:75; 80:20; 0:100; Angaben jeweils Prozent Reinsaatstärke Gerste:Mischungspartner) untersucht. Als Reinsaatstärke von Gerste, Erbse, Öllein und Leindotter wurden entsprechend 350, 70, 500 und 500 K/m² gewählt. Die Aussaat von Gerste, Erbse und Öllein erfolgte am 28.03.2017, der Leindotter wurde am 20.04.2017 breitgestreut und eingestriegelt. Gerste und Erbse wurden gemischt in einer Tiefe von 3,5 cm ausgedrillt, die Gerste in den Leindotterparzellen und das Gersten-Öllein-Gemenge dagegen auf 2,5 cm abgelegt.
Die Beikrautregulierung erfolgte nach der üblichen Praxis des ökologischen Landbaus durch einen Striegelgang (Treffler Präzisionsstriegel) am 20.04.2017. Die

Parzellen des Gerste-Erbsen-Gemenges wurden nach der Aussaat bis einschließlich 12.05.2017 mit Netzen vor Vogelfraß geschützt.
Während der Bestandsentwicklung wurden BBCH-Stadien, Pflanzenzahl und Beikrautbesatz erfasst. Nach der Ernte werden Erntemengen und Ertragsparameter der Gerste und der Gemengepartner sowie die Braugerstenqualitäten ermittelt. Aus den Reinsaatparzellen wird der Landäquivalenzquotient der Gemenge berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Mischungsverhältnisse hatten keinen Einfluss auf die Entwicklungsgeschwindigkeit der Gerstenbestände. In Tabelle 1 sind die Bestandesdichten zum Zeitpunkt der Bestockung und Unkrautzahlen zu Beginn des Schossens zusammengefasst.

Tab. 1: Bestandesdichten als Gerstenpflanzen (Pfl.) pro m² (30.04.2017) und Unkrautbesatz (Unkr./m²; 23.05.2017) in den verschiedenen Mischungsverhältnissen mit allen Mischungspartnern (MP) (Mittel über beide Gerstensorten, n=8 bzw. n=4 (0:100), ± Standardabweichung).

MP	Erbse		Leindotter		Öllein	
	Pfl./m²	Unkr./m²	Pfl./m²	Unkr./m²	Pfl./m²	Unkr./m²
Gerste:MP						
100:0	306±17	104±22	301±26	89±15	290±65	63±18
90:50	290±24	98±19	301±35	89±16	283±48	69±13
75:75	255±21	101±12	240±31	85±22	271±46	61±20
80:20	279±32	112±16	272±33	78±20	254±43	78±20
0:100	-	126±8	-	87±7	-	83±12

Ertrags- und Qualitätsdaten werden ab Herbst 2017 vorliegen.

Literatur

Bedoussac, L., Journet, E., Hauggaard-Nielsen, H., Naudin, C., Corre-Hellou, G., Jensen, E., Prieur, L., Justes, E. (2015): Ecological principles underlying the increase of productivity achieved by cereal-grain legume intercrops in organic farming. A review. Agronomy for Sustainable Development 35(3): 911 – 35.

Heimler, F., Aigner, A., Kandler, M. (2004): Mischanbau von Leindotter (Camelina sativa) mit Getreide zur gemeinsamen Produktion von Nahrungsmitteln und Biotreibstoff – Erste Ergebnisse. http://www.tfz.bayern.de/mam/cms08/rohstoffpflanzen/dateien/pfl_mischanbau_leindotter.pdf (Zugriff am 12. Dez. 2016).

Hof-Kautz, C., Hochmuth, C., Schmidtke, K., Rauber, R. (2007): Wirkung des Gemengeanbaus mit Winterkörnerleguminosen sowie der Standraumzuteilung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen. In: Zikeli, S., Claupein, W., Dabbert, S., Kaufmann, B., Müller T., Valle Zárate, A. (Hrsg.) „Zwischen Tradition und Globalisierung – 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau", http://orgprints.org/9510 (Zugriff am 12. Dez. 2016).

Jensen, E. S., Ambus, P., Bellostas, N., Boisen, S., Brisson, N., Corre-Hellou, G., Crozat, Y., Dahlmann, C., Dibet, A., von Fragstein, P., Gooding, M., Hauggaard-Nielsen, H., Kasyanova, E., Monti, M., Pristeri, A. (2006): Intercropping of cereals and grain legumes for increased production, weed control, improved product quality and prevention of N-losses in European organic farming systems. In: Andreasen, C. B., Elsgaard L., Sørensen, L.S., Hansen, G. (Hrsg.) „Joint Organic Congress", Odense:Danish Research Centre for Organic Food and Farming (DARCOF).

Paulsen, H. M., Seling, S. (2007): Qualität von Getreide aus Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. Landbauforschung Völkenrode Sonderheft 309, Braunschweig: Bundesforschungsanstalt für Landwirtschaft, 68 – 80.

Pflaum, S., Mammel, W., Zimmermann, C., Lenz, R., Sneyd, J., Pekrun, C. (2011): Gemengeanbau von Linsen mit Braugerste – Einfluss auf Ertrag und Qualität beider Gemengepartner. In: Märländer, B. et al. (Hrsg.) „Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 23 Stickstoff in Pflanze, Boden und Umwelt", Göttingen:Verlag Liddy Halm, 267.

Schildbach, R. (2013): Getreide und Braugetreide - weltweit. Berlin:VLB Berlin, 389.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 194–195 (2017)

Bewertung von Wildtyp Introgressionen bei Sommergerste in Bezug auf Düngung und Vorfrucht

Sarah Zahn[1], Barbara Koblenz[1], Klaus Pillen[2] und Olaf Christen[1]

[1] Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle,
E-Mail: *sarah.zahn@landw.uni-halle,de*
[2] Professur Pflanzenzüchtung, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Einleitung

Eine Voraussetzung für landwirtschaftliche Produktivität ist die gezielte Züchtung von leistungsfähigen sowie widerstandsfähigen Genotypen. Eine Einkreuzung von Wildtyp-Allelen in den genetischen Hintergrund einer vermarktungsfähigen Sorte stellt hierbei eine vielversprechende Perspektive dar. Die Etablierung von Introgressionslinien in die Praxis ermöglicht eine umfassende Nutzung von genetischer Diversität der Arten.
Die Kenntnis der vielfältigen Leistungsfähigkeit von solchen Linien ist hierbei von zentraler Bedeutung. Bisher wurden an Gerstenintrogressionslinien keine Anbausystemkombinationen im Feld geprüft. Es bestand daher das Ziel, eine umfangreiche Phänotypisierung einer Reihe komplexer Pflanzenmerkmalen der S42 Introgressionslinien (ILs)- Population in Abhängigkeit von Stickstoffmangel und Fruchtfolge-Vorfruchtwirkungen durchzuführen.

Material und Methoden

Die ILs wurden durch Kreuzung zwischen der Braugerstensorte Scarlett (*Hordeum vulgare* ssp. *vulgare*) und der israelischen Wildgerstenakzession ISR 42-8 (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*) sowie mehrmalige Rückkreuzung mit dem Kulturelter und anschließende Selbstungen entwickelt.
Im Rahmen des 'IPAS Barley Biodiversity Project' wurden zweijährige Feldversuche an den Standorten 1) 'Merbitz' und 2) 'Morgenroth' angelegt.
Der Bodentyp des Versuchsfeldes 1) ist eine lößbestimmte Schwarzerde und die Bodentextur kann als Lehm angesprochen werden, während in 2) neben dem gleichen Bodentyp ein sandiger Lehm überwiegt. Mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9,5°C und 450 mm/a Jahresniederschlag in Merbitz sowie 8,8°C und 550 mm/a in Morgenrot stehen die Versuche unter Einfluss des Mitteldeutschen Trockengebiets.
Es wurden 49 ILs und 10 Sommergerstensorten zuzüglich der rekurrente Elter 'Scarlett' mit zwei Düngestufen (N_0 und N_1) geprüft. Zusätzlich wurden in Merbitz zwei Vorfrüchte – Winterweizen (WW) und Winterraps (WR) als Prüffaktor etabliert. Der Versuch wurde als randomisierte Spaltanlage mit drei Wiederholungen für jede Faktorenkombination angelegt.
Es erfolgte die Phänotypisierung der 49 Sommergerstenintrogressionslinien um vorteilhafte Kandidatengene für zukünftige Merkmale zu identifizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Auswertung der Daten (2015 und 2016) aus **Merbitz** zeigt einen Einfluss der Vorfrucht auf sechs von 15 Pflanzenmerkmalen. Dabei war die Vorfrucht Winterraps mit einer Erhöhung der Werte für alle signifikanten Merkmale mit Ausnahme des Ernteindex assoziiert (Tab.1).

Die Auswertung des Düngeregimes zeigte bei der N_1 Variante eine signifikante Erhöhung der vier Merkmale Pflanzenhöhe, Ertrag (YLD; Abb.1), Biomasse und Chlorophyllgehalt (SPAD). Weiterhin ergab die Auswertung über beide Versuchsjahre 2015 und 2016, dass der Genotyp bei 14 von 15 Merkmalen (Ausnahme Ähren/ qm²) einen signifikanten (p<0,05) Einfluss hatte.

Tab. 1: Signifikanztabelle ausgewählter Parameter in Merbitz, signifikant bei p< 0.05

Parameter	Düngung (D)	Vorfrucht (VF)	Genotyp (GT)	D x GT	VF x GT
BBCH 31	0,86	0,00	0,00	0,39	0,01
Höhe	0,00	0,00	0,00	0,00	0,26
SPAD	0,01	0,00	0,00	0,03	0,01
Ertrag	0,01	0,00	0,00	0,17	0,05
Korn/Ähre	0,36	0,00	0,00	0,82	0,70
Seneszenz	0,05	0,31	0,00	0,33	0,83

Die statistische Auswertung über beide Versuchsjahre in **Morgenrot** zeigt, dass die N-Stufe auf die beiden Merkmale Tausendkorngewicht (TGW) und Kornbreite einen signifikanten (p<0,05) Einfluss hatte. Dabei führte die N1-Stufe zu einer Erhöhung des Tausendkorngewichtes und einer Reduzierung der Kornbreite.
Ebenfalls ergab die Auswertung über 2015 und 2016, dass der Genotyp bei elf Merkmalen einen signifikanten (p<0,05) Einfluss hatte.

Tab. 2: Signifikanztabelle ausgewählter Parameter in Morgenrot, signifikant bei p< 0.05

Parameter	Düngung (D)	Genotyp (GT)	D x GT
Kornbreite	0,01	0,00	0,06
TGW	0,01	0,00	0,07

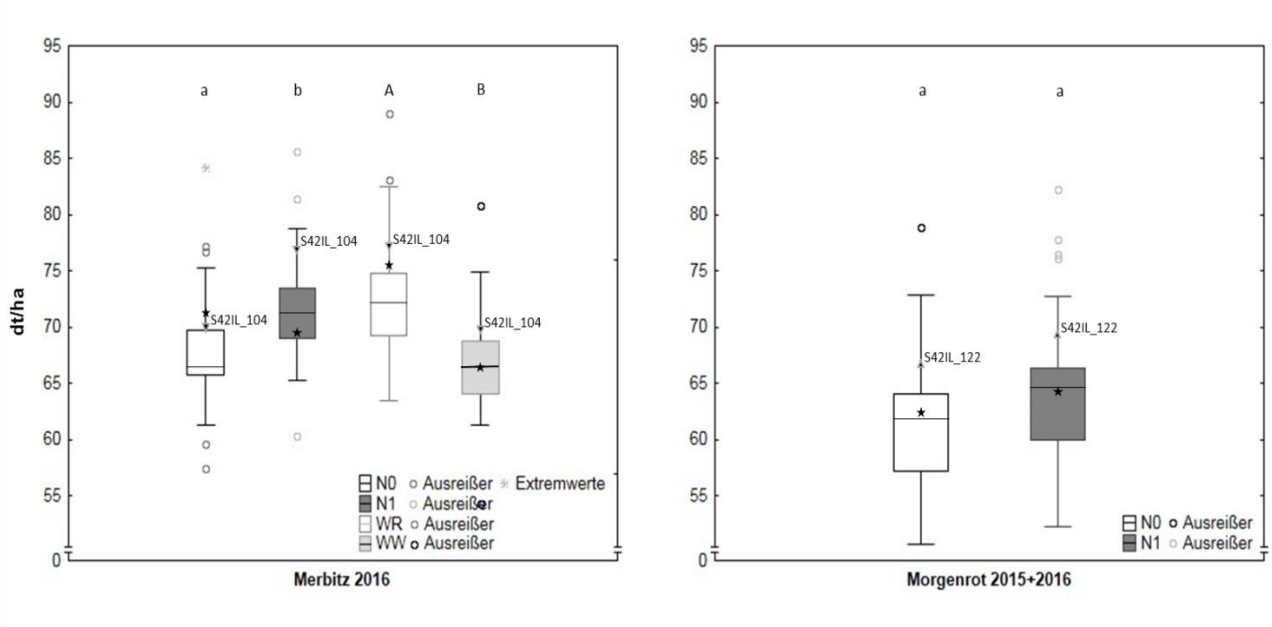


Abb. 1: Box-Whisker-Plot des Ertrages unter der verschiedenen Vorfrucht- und Düngekombinationen an den Standorten Merbitz und Morgenrot, unterschiedliche Buchstaben beschreiben signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (p< 0,05), Darstellung des Ertrages von „Scarlett‘ durch Stern, Darstellung tendenziell erhöhter Erträge von Linien durch Dreieck

Fazit

Eine Nutzung der Introgressionslinien zur Ertragssteigerung erscheint unter Umständen möglich. Dabei spielen sowohl die Vorfrucht als auch das Düngemanagement eine entscheidende Rolle.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 196–197 (2017)

Genetic Variation in winter wheat canopy structure

Ayodeji Adio, Hartmut Stützel and A. Fricke

Institute of Horticultural Production System, Leibniz University, Hannover Germany.
E-Mail: *ayoodejiadio@gmail.com*

Introduction

Development of varieties through breeding in various countries has resulted in physiologically and morphologically different crops to the ones used in the earlier time (Norman and Campbell 2000). These traits affect light interception which in turn affects radiation use efficiency. By this we mean the leaf area and the leaf orientation have been altered. Biomass production which is limited only by the amount of solar radiation absorbed when other production factors are not limiting (Reynolds et al., 2012, Kiniry et al. 1989). Lambert-beer law's which explains the transmission of light through a medium was used to derive the light extinction coefficient and leaf area index was calculated using sensors that is based on gap fraction technique. The objective of this study is to know how breeding has affected the morphological form of winter wheat.

Materials and Methods

27 cultivars of winter wheat were used for this experiment. Measurements were made on already planted winter wheat, at full maturity and canopy cover during the grain filling stage. Light interception measurements were made using the Licor LI 1500 and leaf area index measurements were made with Licor LAI 2200c canopy analyser. The measurements were made in three layers vertically within the canopy, namely under the flag leaf (L1), at the middle of the canopy (L2) and on the ground level(L3).

Result and Discussion

Table 1: Analysis of variance

	Year of cultivar release	**Min**	**Max**	**Mean±std**
C_LAI	**	3.22	5.77	4.78±0.38
C_K	ns	0.41	0.73	0.58±0.12
L1_Lai	ns	1.7	3.22	1.88±0.33
L1_k	ns	0.28	0.87	0.50±0.24
L2_Lai	ns	0.21	0.67	1.47±0.29
L2_K	ns	0.31	0.93	0.69±0.28
L3_Lai	***	0.05	1.75	1.06±0.29
L3_K	ns	0.28	0.95	0.84±0.39

P<0.05,k-Light extinction coefficiency, Lai-Leaf area index

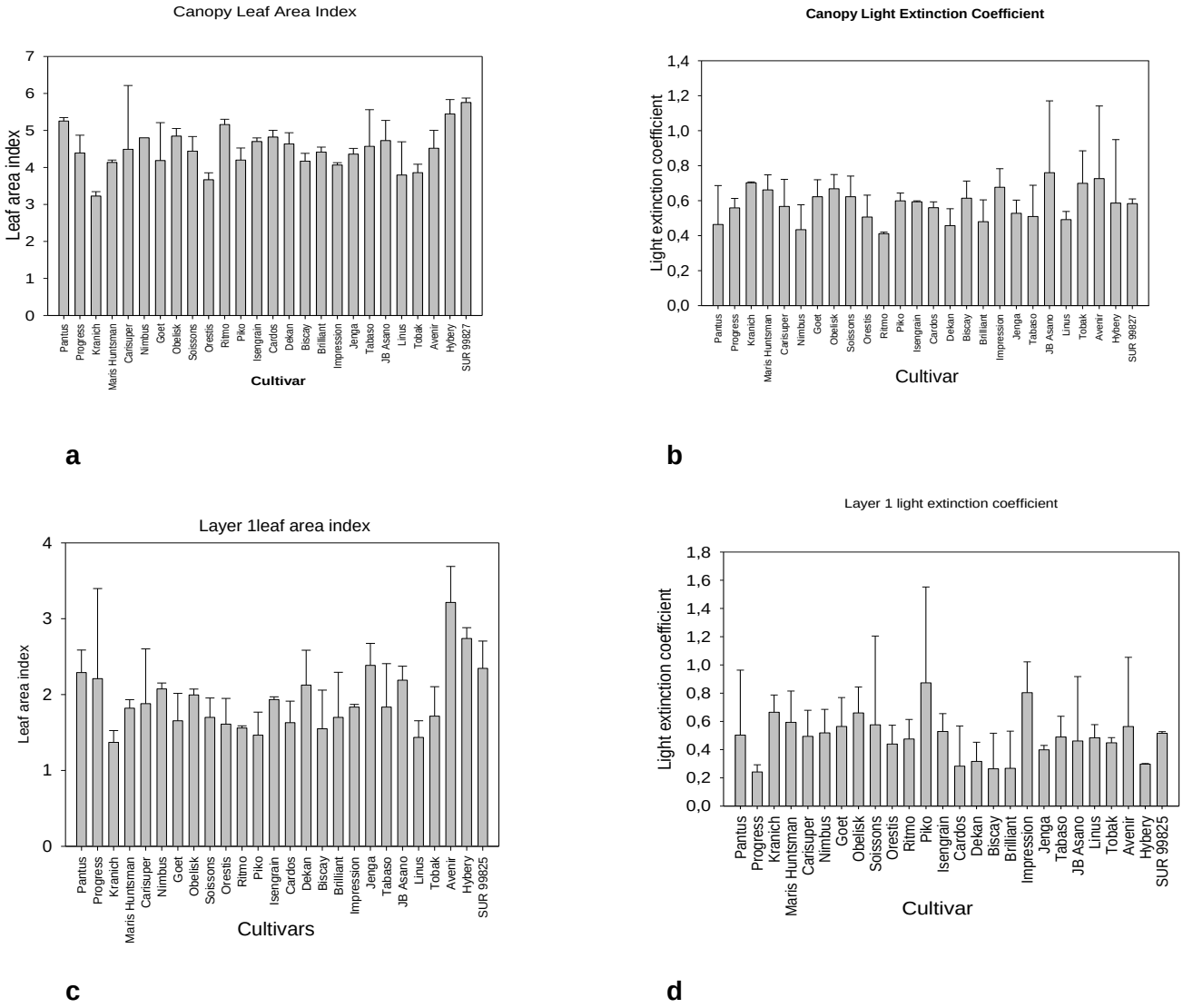


Figure 1: Graph showing the variation of the LAI and K. Graphs a and b for the Total canopy while c and d are for the flag leaf layer.

From figure 1a and b, the total canopy Lai and K were significant, in comparison with the hybrids (Hybery and SUR 9987), Ritmo and Pantus shows potential for good canopy structure with LAI of 5.2 and K of 0.4-0.5 and also comparable to Isengrain, LAI 4.8 and K of 6.2 , a well-known cultivar in Europe. We observed that there was no change in the middle layer of the canopy. Figure 1 c and d, f reveals flag leaf layer was significant for both LAI and K. This means that cultivars like Ritmo, Pantus and Isengrain have the leaves in their upper layers more erect allowing morelight topenetrate into the lower layers.

References

Kiniry, J.R., C.A. Jones, J.C. O'toole, R. Blanchet, M. Cabelguenne, and D.A. Spanel. 1989. 'Radiation-Use Efficiency in Biomass Accumulation prior to Grain-Filling for Five Grain-Crop Species'. Field Crops Research 20 (1): 51–64. doi:10.1016/0378-4290(89)90023-3.

Norman, John M, and Gaylon S Campbell. 2000. 'Canopy Structure'. Plant Physiological Ecology, no. 1980: 301–25.

Reynold, Erik Murchie & Matthew. 2012. Crop Radiation Capture and Use Efficiency.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 198–199 (2017)

Bestimmung von Bestandesparametern mittels UAV-gewonnenen Multispektraldaten

Josephine Bukowiecki, Till Rose, Arne Ratjen und Henning Kage

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

Einleitung

Im Zuge der Novellierung der Düngeverordnung wird in den nächsten Jahren der Druck auf die Landwirte steigen, ihre betriebliche N-Bilanz zu optimieren. Hierbei kann die teilflächenspezifische, modellgestützte N-Düngung helfen. Diese benötigt zeitlich- und räumlich hoch aufgelöster Bestandesdaten, die durch UAV (unmanned aerial vehicle)-basierte Multispektralkameras bereitgestellt werden können. Zur Ableitung interpretierbarer Bestandesparameter bedarf es hierbei einer Kalibrierung der UAV-gewonnenen Multispektraldaten mit etablierten destruktiven Messverfahren.

Material und Methoden

Im Frühjahr und Sommer 2017 wurden auf zwei Winterweizen-Versuchsflächen auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel parallel Befliegungen und destruktive Probennahmen durchgeführt. Auf einer der Versuchsflächen wird der Effekt verschiedener Saatstärken, auf der anderen die Auswirkung unterschiedlicher N-Düngestufen auf die Bestandesentwicklung verschiedener Weizensorten untersucht.
Bei den insgesamt sechs destruktiven Beprobungen wurde jeweils auf 48 Parzellen 0.25 m² Weizen entnommen und anschließend der Green Area Index (GAI) und das BBCH-Stadium bestimmt.
Für die Befliegung wurde die Mikro-UAV eBee Plus der Firma senseFly eingesetzt, ausgerüstet mit einer Parrot Sequoia-Multispektralkamera. Der Multispektral-Sensor erfasst gleichzeitig vier verschiedene Wellenlängen; im grünen und roten Bereich (Green: 550 nm, Red: 660 nm), im Red-Edge Bereich (RE: 735 nm), sowie im nahen Infrarot (NIR: 790 nm).
Zur Selektion und Bewertung geeigneter Vegetationsindizes (VIs) wurde der Datensatz zunächst in ein Trainings- und ein Testset, mit jeweils gleichem GAI-Mittelwert, aufgeteilt. Mit dem Testset (25 % der Daten) wurden dann die Kalibrationen, die auf dem Trainingsset (75 % der Daten) basieren, geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Zu Beginn des Vegetationszeitraums erweisen sich viele VIs als aussagefähig. Wie schon von anderen Autoren beschrieben (z.B. Lilienthal 2014), lässt die Sensitivität der auf NIR und Red basierenden VIs allerdings mit steigendem GAI nach (z.B. $NIR/Red_{Ratio,}$ Tabelle 1). Zwei VIs erweisen sich als gleichermaßen sensitiv über den gesamten Untersuchungszeitraum, also auch in hohen GAI-Bereichen; der Simple Ratio aus NIR und RE (NIR/RE_{Ratio}) und ein multiples lineares Regressionsmodell, basierend auf den Steigungen Red-RE und RE-NIR und deren Wechselwirkung ($NIR\text{-}RE\text{-}Red_{linReg}$):

$$GAI = 0.9 + \left(-745.7 \times \frac{RE\text{-}Red}{735\text{-}660}\right) + \left(1739 \times \frac{NIR\text{-}RE}{790\text{-}735}\right) + \left(185400 \times \frac{RE\text{-}Red}{735\text{-}660} \times \frac{NIR\text{-}RE}{790\text{-}735}\right)$$

Die beiden VIs sind zudem robust gegenüber den Faktoren BBCH-Stadium (min. BBCH-Stadium=22, max. BBCH-Stadium=65), N-Düngung und Sorte (Abbildung 1 beispielhaft dargestellt für NIR-RE-Red_{linReg}).

Tabelle 1: Datengrundlage und Modellgüte der GAI-Vorhersage mit NIR/Red_{Ratio}, NIR/RE_{Ratio} und NIR-RE-Red_{linReg}.

	n	RMSE		
		NIR/ Red_{Ratio}	NIR/ RE_{Ratio}	NIR-RE-Red_{linReg}
Kalibration	162	1.01	0.62	0.65
Validation	52	1.09	0.58	0.58

Die Verwendung von Steigungen zwischen den Reflexionswerten beim NIR-RE-Red_{linReg}, macht diesen unabhängig von linearen Verschiebungen der Spektren. Dies stabilisiert ihn gegenüber Problemen bei der Absolutkalibration des Spektralsensors.
Ob dieser Vorteil oder die reduzierte Parameterzahl des NIR/RE_{Ratio} dauerhaft zu stabileren Resultaten führt, wird die weitere Anwendung zeigen.

Zurzeit wird untersucht, wie sich der Zusammenhang zwischen VI und GAI über den Zeitraum bis zur Ernte entwickelt. Außerdem werden die Beziehungen zwischen Sproßtrockenmasse und N-Menge und VIs ermittelt. Diese geschätzten Bestandesparameter sollen zur Ableitung teilflächenspezifischer N-Düngeempfehlungen genutzt werden.

Literatur

Lilienthal, Holger. 2014. 'Optische Sensoren in Der Landwirtschaft: Grundlagen und Konzepte'. Journal of Cultivated Plants 66 (2): 34–41. doi:10.5073/JfK.2014.02.01.

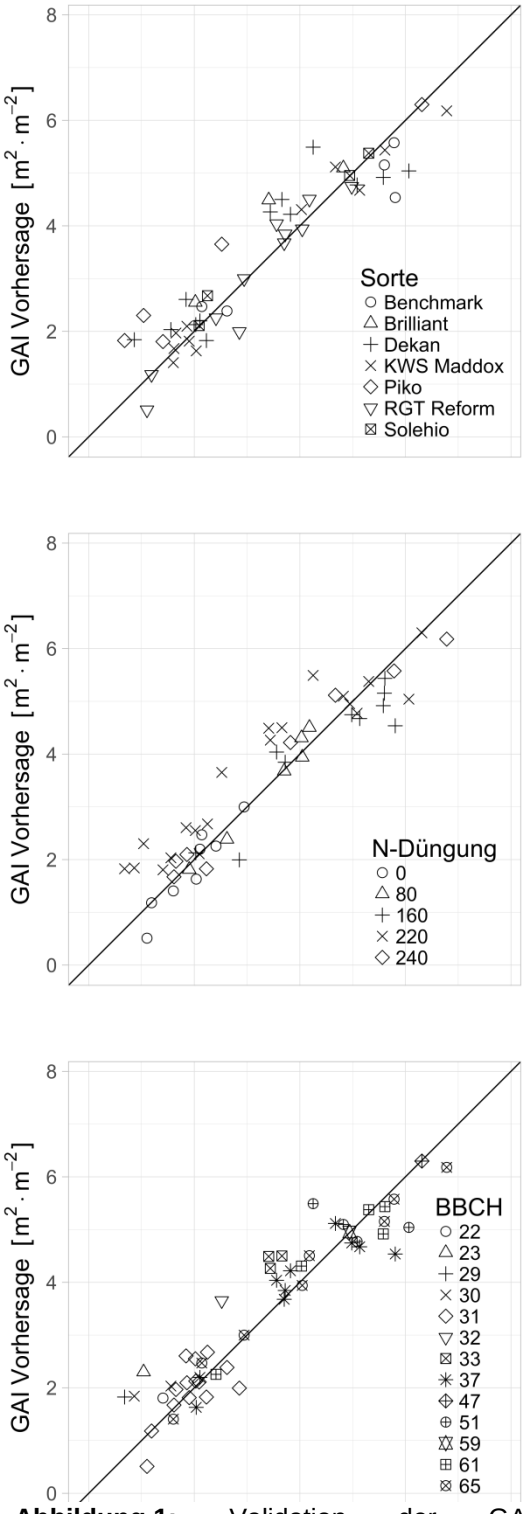


Abbildung 1: Validation der GAI-Vorhersage mit dem NIR-RE-Red_{linReg}. Der VI ermöglicht gute Vorhersagen, unabhängig von Sorten (oben), N-Düngestufen (Mitte) und Entwicklungsstadien (unten).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 200–201 (2017)

Fernerkundliche Abschätzung der Biomasse von *Lupinus polyphyllus* invadierten Bergmähwiesen im Biosphärenreservat Rhön unter Nutzung eines terrestrischen 3D Lasers

Damian Schulze-Brüninghoff, Frank Hensgen, Thomas Möckel und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen.
E-Mail: *dam.schubrue@uni-kassel.de*

Einleitung

Die einstmals zum Erosionsschutz in Fichtenneupflanzungen der Rhön etablierte Stauden-Lupine (*Lupinus polyphyllus*) breitet sich mittlerweile großflächig in Extensivgrünlandbeständen aus. Eine damit einhergehende Anreicherung des Bodens mit Stickstoff und die Mobilisierung von Phosphor aus tieferen Bodenschichten verändert diesen Lebensraum und seine Artzusammensetzung (Volz et al. 2013). Die im Biosphärenreservat Rhön liegenden, extensiven Grünlandflächen erfordern spezielle Managementstrategien, insbesondere einen späten Schnitttermin zum Schutz von Bodenbrütern. Eine gezielte Bekämpfung der invasiven Stauden-Lupine setzt voraus, dass ihre Bestände identifiziert und ihre Biomasse quantifiziert werden kann. Der hier verfolgte Ansatz nutzt zu diesem Zweck die Auswertung von 3D-Punktwolken eines terrestrischen Laserscanners.
Forschungsprojekte zur Abschätzung von Biomassen mit Hilfe eines Laserscanners wurden bisher vermehrt im Bereich der Forstwirtschaft durchgeführt (vgl. z.B. Calders et al. 2015). Erfolgsversprechende Ansätze zur lasergestützten Bestimmung von Grünlandbiomasse liefern Wallace et al. (2017).
Ziel dieser Studie ist es, Komponenten innerhalb der Laserdaten zu finden, welche zur Bestimmung der Biomasse von Goldhaferwiesen (*Geranio* (*sylvatici*)-*Trisetetum*) und Borstgrasrasen (*Polygalo-Nardetum*) geeignet sind.

Material und Methoden

Auf einer Goldhaferwiese und einem Borstgrasrasen, wurden je drei 8m² Versuchsflächen angelegt. Diese wurden zu drei Terminen im Jahr mittels TLS (Terrestrial Laser Scanning) gemessen. Hierfür wurde der Scanner jeweils an den vier Seiten jeder Versuchsfläche positioniert. Die resultierenden Scans wurden zusammengeführt um eine hochaufgelöste dreidimensionale Punktwolke der Versuchsflächen zu generieren. Anschließend wurde auf drei Subquadraten pro Versuchsflächen die Biomasse (Frisch- und Trockenmasse) destruktiv ermittelt. Laserbasierte Strukturparameter der Vegetation wurden mittels multivariater Statistik auf Zusammenhänge zwischen Sensordaten und Felddaten überprüft. Zur Abschätzung der Gesamtbiomasse kamen vier Ansätze zum Einsatz. Aus der Ermittlung der Vegetationshöhe (Canopy Surface Height = csh), der Bestimmung des Voxel-Volumens, des Volumens der kleinsten konvexen Hülle sowie der Punktdichte wurden die bestmöglichen Modelle zur nicht-destruktiven Abschätzung der Biomasse entwickelt.

Ergebnisse und Diskussion

Generell fielen die Modelle der strukturparametrischen Variablen für die Frischbiomasse besser aus, als jene für Trockenbiomasse. Das beste lineare Model lieferte das Voxel-Volumen. Eine optimierte Voxel-Größe mit einer Kantenlänge von 9 cm erbrachte ein angepasstes R^2 von 0,71. Zur Ermittlung der jeweils besten Modelle wurden die entsprechenden Variablen fortwährend angepasst. Im Falle der Vegetationshöhe war dies der Mittelwert aus einem Höhenbereich der oberen zwei Prozent des Gesamthöhenbereiches. Die Bestimmung der kleinsten konvexen Hülle zeigte die größten Unterschiede zwischen frischer und trockener Biomasse.

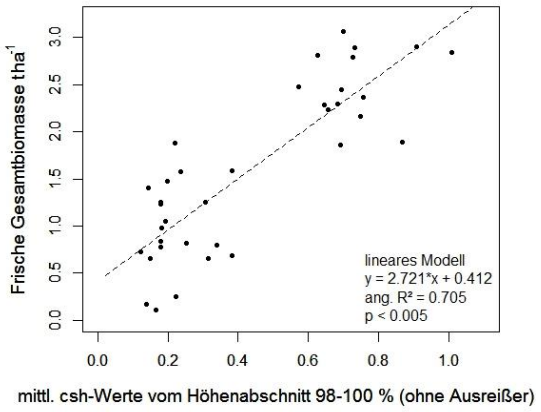


Abbildung 1: Lineares Modell für Frischbiomasse und mittlere csh-Werte vom Höhenabschnitt 98 bis 100% ohne Ausreißer (in cm)

Voxel-Kantenlänge (cm)	Frisch-biomasse	Trocken-biomasse
1	0,145**	0,095*
5	0,696***	0,563***
8	0,709***	0,574***
9	**0,710*****	0,574***
10	0,710***	**0,577*****
11	0,701***	0,560***
12.5	0,704***	0,558***
15	0,688***	0,547***
20	0,659***	0,527***

Tabelle1: Angepasstes R^2 für lineare Modelle zwischen frischer und trockener Biomasse mit Voxel-Volumen bei variierenden Voxel-Kantenlängen**. Signif. codes: '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05**

Die Methoden der Vegetationshöhe, des Voxel-Volumens und der konvexen Hülle wurden erfolgreich angewendet, um die Gesamtbiomasse auf Goldhaferwiesen und Borstgrasrasen zu bestimmen. Um die Methoden zur nicht-destruktiven Bestimmung der Lupinenbiomasse zu verbessern, könnten zusätzliche Messungen mit hyperspektralen Sensoren die Unterschiede zwischen Pflanzenarten hervorheben. Der zusätzliche Einsatz von mobilen Laserscannern (MLS) könnte die räumlichen Dimensionen der Untersuchungsflächen erweitern.

Literatur

Calders, K.; Newnham, G.; Burt, A.; Murphy, S.; Raumonen, P.; Herold, M; Culvenor, D.; Avitabile, V.; Disney, M.; Armston, J.; Kaasalainen, M. *Nondestructive estimates of above-ground biomass using terrestrial laser scanning.* Methods in Ecology and Evolution 2015, 6, 198–208

Volz, H. *Ursachen und Auswirkungen der Ausbreitung von Lupinus polyphyllus Lindl. im Bergwiesenökosystem der Rhön und Maßnahmen zu seiner Regulierung*. (Dissertation) Gießen 2003, 103-104

Wallace, L.; Hillman, S.; Reinke, K.; Hally, B. *Non-destructive estimation of above-ground surface and near-surface biomass using 3D terrestrial remote sensing techniques*. Methods in Ecology and Evolution (2017) doi:10.1111/2041-210X.12759

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 202–203 (2017)

Sensortechnische Erfassung der induzierten Abreife von *Miscanthus x giganteus* unter Berücksichtigung natürlicher Einflussfaktoren

Björn-Marcel März[1], Georg Völkering[1] und Ralf Pude[1/2]

[1] INRES – Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
[2] Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: *bjoern.maerz@uni-bonn.de*

Einleitung

Miscanthus ist eine in Europa nicht heimische Pflanze, welche seit den 1980er Jahren als Nachwachsender Rohstoff angebaut wird (Kicherer et. al., 1994). Die Vielzahl an Verwendungsmöglichkeiten, u.a. als Brennstoff, Mulchmaterial, Tiereinstreu, Dämmstoff, Baumaterial sowie als Kunststoffersatz, machen *Miscanthus* zu einem besonderen Rohstoff (Deuter & Abraham, 2000). Die Qualität des Erntegutes wird maßgeblich durch den Wasser- und Nährstoffgehalt beeinflusst. Der maximale Wassergehalt, der im Erntegut enthalten sein sollte, wird zwischen 20% (Sutor et al., 1991) und 25% (Smith & Slater, 2011) angegeben. Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, durch die Applikation eines Pflanzenschutzmittels und eines Blattdüngers die Abreife von *Miscanthus* zu beschleunigen, um einen möglichst niedrigen Wassergehalt im Erntegut zu erreichen. Im Zuge dieser Arbeit konnten auf Erkenntnisse eines ähnlichen Versuchs bei Zuckerrohr zurückgegriffen werden, das mit *Miscanthus* genetisch eng verwandt ist.

Material und Methoden

Die Forschungsarbeit fand in einem zweijährigen *Miscanthus x giganteus*-Bestand nahe des Campus Klein-Altendorf der Universität Bonn statt. Der Standort zeichnet sich durch eine 165 – 170 Tage lange Vegetationsperiode bei ca. 600 mm Niederschlag pro Jahr aus. Der Boden wird als Pseudogley aus verwittertem Schluff- und Tonsteinen beschrieben und lässt mit etwa 40 Bodenpunkten ein mittleres Ertragsniveau erwarten (Versuchsfeldführer, 2015). Die Applikation des Pflanzenschutzmittels und des Blattdüngers wurden mit einer Rau-Feldspritze auf einem Fendt F 345 GT Unterbau bewerkstelligt, welche eigens für diesen Zweck umgebaut werden musste. Die Applikation erfolgte nach Beginn der natürlichen Abreife des *Miscanthus* am 13.10.2016. Bei dem Blattdünger handelt es sich um einen neuartigen Blattdünger der Firma Aglukon, welcher sich durch eine erhöhte Konzentration an Mikronährstoffen auszeichnet, sowie dem Pflanzenschutzmittel Moddus der Firma Syngenta. Der Abreifegrad wurde indirekt mittels des Wassergehalts im Spross bestimmt. Dafür wurden zum einen die Trockenmasse über eine Trocknung bei 105 °C für 24 Stunden und zum anderen der Wassergehalt mit einem PCE-MMK1, einem moisture meter der Firma PCE-Instruments, gemessen. Natürliche Einflussfaktoren, die für die Abreife von *Miscanthus* von Bedeutung sind, sind die Temperatur und der Niederschlag, welche der campuseigenen Wetterstation entnommen werden konnten.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse aus den Messungen des Wassergehalts im *Miscanthus*-Spross nach der Applikation eines Düngers und eines Pflanzenschutzmittels, ist in Abbildung 1

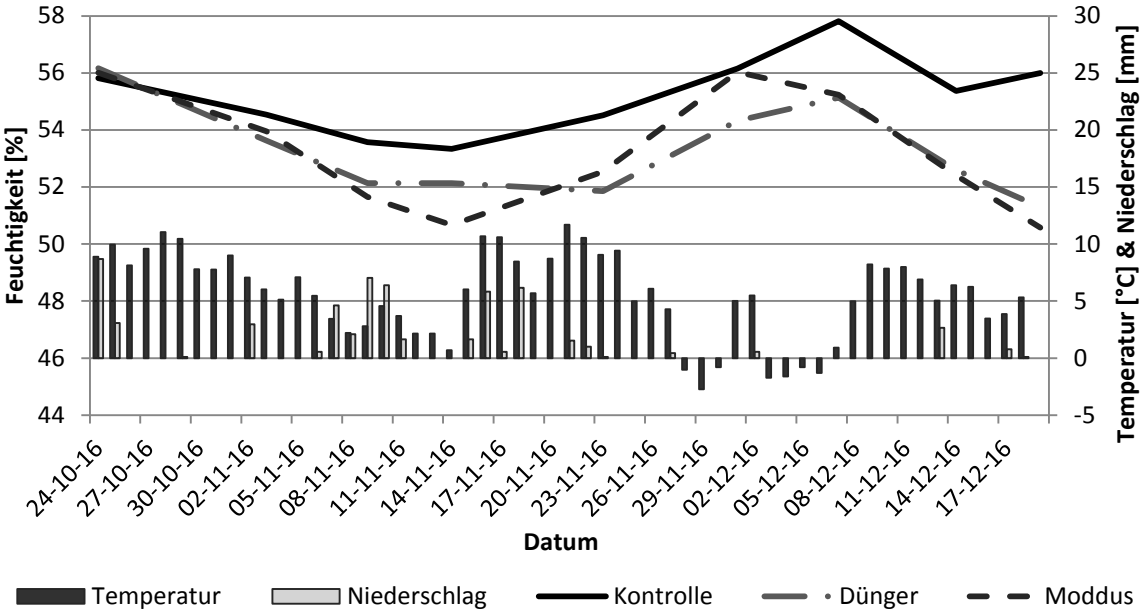


Abbildung 1: Wassergehalt des Sprosses von *Miscanthus x giganteus* unbehandelt, nach der Applikation eines Düngers und eines Pflanzenschutzmittels sowie der vorherrschenden Witterungsbedingungen

dargestellt. Nach einem anfänglich gleichen Wassergehalt für alle Variationen, sanken die Werte für den Dünger und Moddus deutlich stärker ab als bei der Kontrolle. Im weiteren Verlauf der Messungen stiegen die Werte jedoch für alle Varianten wieder an, wobei der Wassergehalt der Kontrolle konstant über den Werten des Düngers und Moddus lag. Nach zwei Monaten betrug die Feuchtigkeit innerhalb der Sprosse für die Kontrolle 56%, dem Dünger 51% und Moddus 50,5%. Auffälliger sind die Schwankungen der Wassergehalte im Vergleich zu den natürlichen Einflussfaktoren Temperatur und Niederschlag. Der Wiederanstieg des Wassergehaltes scheint mit den angefallenen Niederschlägen in Verbindung zu stehen.

Die Abreife von *Miscanthus x giganteus* konnte mit der Applikation eines Düngers und eines Pflanzenschutzmittels zwar beschleunigt werden, jedoch fällt der Effekt deutlich schwächer aus als erwartet. Der Wassergehalt konnte in den behandelten Variationen im Vergleich zur Kontrolle zwar gesenkt werden, jedoch bei weitem nicht auf den erforderlichen Wert von 20% bis 25%. Die wichtigsten Parameter für die Abreife von *Miscanthus* scheinen die natürlichen Einflussfaktoren zu sein, denen die Applikation von Dünger und Pflanzenschutzmitteln nachgestellt ist.

Literatur

Deuter, M., & Abraham, J. (2000). Wissensstand in der Miscanthuszüchtung. In R. Pude, *Miscanthus* vom Anbau bis zur Verwertung. Kurzfassung der Vorträge, Bonn, 23.-24.02.2000 (S. 8-14). Bonn: Wehle.

Kicherer, A., Spliethoff, H., Hein, K. R., Lewandowski, I., Eghbal, K., & Kahn, G. (1994). Große Erträge und hoher Ausbrand. *Energie 46* , S. 33-41.

Sutor, P., Sturm, M., Hotz, A., Kolb, W., & Kuhn, W. (1991). Was an Chinaschilf wirklich dran ist. *dlz 42* , S. 20-24 .

Smith, R., & Slater, F. (2011). Mobilization of minerals and moisture loss during senescence of the energy crops *Miscanthus x giganteus*, *Arundo donax* and *Phalaris arundinacea* in Wales, UK. *Global change Biology Bioenergy* , S. 148-157.

Versuchsfeldführer (2015). Abgerufen am 30. 01 2017 von Campus Klein-Altendorf: https://www.cka.uni-bonn.de/versuchsfeldfuehrer-2015.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 204–205 (2017)

Bestimmung von Bestandesparametern durch Mehrwinkel-Transmissionsmessungen: Möglichkeiten, Limitierungen und Ansätze zu deren Überwindung

Till Rose und Henning Kage

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

Einleitung

Bestandesparameter, wie der Green-Area-Index (GAI), können mit Messgeräten, die Transmissionsmessungen in unterschiedlichen Messwinkeln durchführen (LAI-2000, LAI-2200, LiCor) erhoben werden. Die Messtechnik basiert auf den Annahmen einer Gleichverteilung der Einstrahlungsrichtung und der vollständigen Absorption des gemessenen Wellenlängenbereiches an Pflanzenoberflächen. Diese Annahmen werden in der Messpraxis nicht erfüllt und die Interaktion zwischen beiden Größen führt zu Messfehlern, welche von Kobayashi et al. (2013) auf bis zu 26 % bei voller Sonneneinstrahlung und bis zu 7,7 % bei diffuser Einstrahlung quantifiziert werden. Hieraus ergibt sich, dass Zeitreihen-Messungen stark von den jeweiligen Einstrahlungsbedingungen beeinflusst werden (Leblanc und Chen, 2001). Bei Kenntnis der Einstrahlungsbedingungen zum Messzeitpunkt besteht jedoch die Möglichkeit einer GAI-Vorhersage auch bei nicht optimalen Messbedingungen (Kobayashi et al., 2013).

Material und Methoden

Auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel wurde im Herbst 2016 Winterweizen in unterschiedlichen Saatstärken (50, 100, 200 und 400 K/m²) ausgebracht, um Variationen im GAI zu erzeugen. An zwei Terminen im Mai 2017, wurden LAI-2200 Messgeräte fest an unterschiedlichen Positionen im Bestand (n = 5) installiert und während variierenden Einstrahlungsbedingungen im Autolog-Modus betrieben (Messungen alle 15 s, Sensorblickfeld zu dreiviertel abgedeckt). Zusätzlich wurde mittels eines PAR-Punktsensors (LI-190, LiCor) die eintreffende Einstrahlung erfasst. Im Anschluss wurden 0,25 m^2 Probenahmeflächen beerntet und mittels Blattflächenscanner (LI-3100, LiCor) ein destruktiver GAI als Referenzwert bestimmt (GAI_{dest}).
Zur Beschreibung der jeweiligen Einstrahlungsumgebung wurde aus Uhrzeit und Ortskoordinate der Zenithwinkel der Sonne bestimmt (gemessen von der Horizontalen), außerdem aus dem Verhältnis von aktueller zu potentieller Einstrahlung der Anteil diffuser Einstrahlung ($Diffus_{Anteil}$) geschätzt (Spitters et al., 1986) und die Standardabweichung zwischen den Relativwerten der fünf Messringe ($Ringe_{sd}$) als Schätzer für inhomogene Einstrahlungsbedingungen in Blickrichtung des Sensors (punktuell reflektierende Wolken) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die nicht-destruktiv ermittelten GAI-Werte (LAI-2200) lagen im Mittel 12 % und maximal 43 % unter den destruktiven Messwerten. Ein multiples lineares Model mit den Parametern: Zenithwinkel, $Ringe_{sd}$, GAI_{dest}, $Diffus_{Anteil}$ und den Wechselwirkungen Zenithwinkel:$Diffus_{Anteil}$ sowie Zenithwinkel:$Ringe_{sd}$, (Tabelle 1) kann die auftretenden Abweichungen zu großen Teilen erklären (adj. r^2: 0.96). Die

Anwendung des Models zur Vorhersage der Abweichungen in einem zuvor abgetrennten Test-
Datensatz führt zu einem RMSE von 0.16 (Abbildung 1). Bei Kenntnis des Systems Einstrahlung-Bestand sind somit die bei Mehrwinkel-Transmissionsmessungen auftretenden Messfehler weitestgehend vorhersagbar.
Inwieweit dies in eine stabile Vorhersage des GAI unter wechselnden Einstrahlungsbedingungen überführt werden kann, wird weiter untersucht. Als wesentlicher Problempunkt stellt sich hierbei dar, dass die Zielgröße (GAI) gleichzeitig eine wesentliche Einflussgröße im System Einstrahlung-Bestand ist.

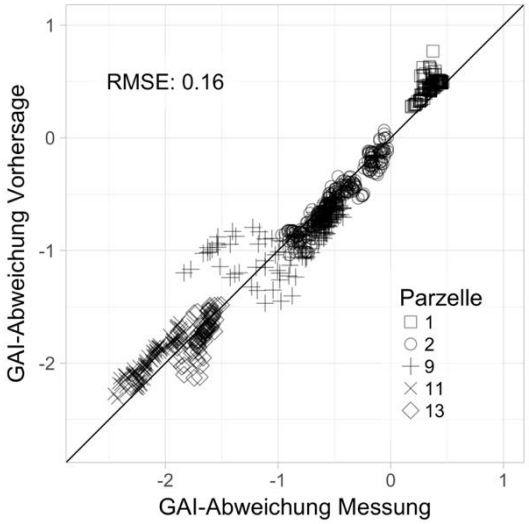


Abbildung 1: Beziehung zwischen der vorhergesagten GAI-Abweichung und der gemessenen GAI-Abweichungen im Test-Datensatz.

Tabelle 1: Parameter des multiplen linearen Regressionsmodells zur Vorhersage der GAI-Abweichungen unter wechselnden Einstrahlungsbedingungen.

	Estimate	P-Value
Intercept	4.42	< 2e-16 ***
Zenithwinkel	- 0.02	< 2e-16 ***
$Ringe_{sd}$	16.45	< 2e-16 ***
GAI_{dest}	- 1.00	< 2e-16 ***
$Diffus_{Anteil}$	- 0.79	4.15e-11 ***
Zenithwinkel:$Diffus_{Anteil}$	0.04	< 2e-16 ***
Zenithwinkel:$Ringe_{sd}$	- 0.30	< 2e-16 ***

Literatur

Kobayashi, H., Ryu, Y., Baldocchi, D. D., Welles, J. M., & Norman, J. M. (2013). On the correct estimation of gap fraction: How to remove scattered radiation in gap fraction measurements? *Agricultural and Forest Meteorology*, 174-175, 170–183.
Leblanc, S. G., & Chen, J. M. (2001). A practical scheme for correcting multiple scattering effects on optical LAI measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 110(2), 125–139.

Spitters, C., Toussaint, H., & Goudriaan, J. (1986). Separating the diffuse and direct component of global radiation and its implications for modeling canopy photosynthesis Part I. Components of incoming radiation. *Agricultural and Forest Meteorology*, *38*(1-3), 217–229.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 206–207 (2017)

Light quality and dose interactions of distinct peak wavelengths by light emitting diode (LED) lighting on biomass partitioning and photomorphological traits at different growth stages of Chinese cabbage transplants and basil grown in peat substitutes under greenhouse conditions

J. A. Solbach, M. Nickels, A. Medini, A. Fricke und H. Stützel

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

Introduction

Peat is the most widely used substrate component for horticultural growing media. However, due to increasing demand and cost of peat, as well as environmental constraints, alternative materials such as wood waste, compost or ground coconut husk are required (Di Benedetto, 2006). Plants grown in substrates based on peat substitutes are often though, depending on the plant species and substrate properties, characterized by altered morphological traits resulting in reduced yields compared to peat based substrates (e.g. Lanzi *et al.*, 2009). By using light emitting diode (LED) lighting with distinct peak and narrow bandwidth wavelengths, plant photomorphogenesis can be altered as required since light quality, dose and photoperiod strongly affect growth and development of plants (Goto, 2003). Hence, ideal illumination conditions by LEDs could presumably be used to counteract altered plant traits caused by the substrate.

The objectives of the study are therefore

i) to determine light quality and dose response curves of biomass partitioning and morphological traits under various light spectra
ii) to identify and quantify the impact of distinct peak wavelengths at different plant growth stages

of Chinese cabbage and basil grown in peatless substrates.

Material und Methods

Experiments are conducted from April to September 2017 in a greenhouse at Leibniz Universität Hannover, Institute of Horticultural Production Systems, Vegetables Systems Modelling Section, Germany. Chinese cabbage (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*), F1, 'Sprinkin', Syngenta, and basil (*Ocimum basilicum* L.) seeds are sown into 80 10-cell trays with three different substrates (Table 1). Plants are irrigated with a 2 g L^{-1} nutrient solution (Ferty 2 Mega, Planta Düngemittel GmbH, Germany) according to the substrate-specific water holding capacity.

Table 1: Summary of media mixtures [% vol.], as well as treatment abbreviations.

Substrate	Peat	Wood fibre (Ho)	Coconut pulp (Kk)	Compost (Ko)	Perlite (Pe)	Sphagnum (Sp)
Peat	100					
KkHoPe		20	30		50	
KoHoPeSp		35		15	20	30

The experiment will be conducted in two sub-trials: First Chinese Cabbage and subsequently basil. Each sub-trial will be chronologically repeated once with the same set up to give two replications. Light treatments consist of three LEDs (LED-KE 300, DH Licht GmbH, Wülfrath, Germany) with peak wavelengths of blue (440 nm + 465 nm), red (660 nm) and far-red (730 nm) which create light quality gradients giving various light quality ratios. Red and far-red light ratios are calculated according to Smith (1994) as the photons between 655 - 665 nm / 725 - 735 nm and the ratios of red to blue are defined as the photons between 655 - 665 nm / 455 - 465 nm. The relative proportions of blue, red and far-red light are calculated taking into account the total amount of photons of the sampled parts. Spectral light composition of LEDs and natural irradiation is measured with a spectrometer (USB4000, OceanOptics, USA) using a 3900 µm cosine corrector at different times during the experiment. Plants are harvested four times over the course of the trial and at each harvest, plant hypocotyl length as well as lengths and widths of leaves are measured with a ruler. Leaf number is also recorded. Subsequently, leaf areas and total shoot fresh/dry weight are determined. Roots are also assessed. Data are analysed using regression analysis.

Results and Discussion

First results of Chinese cabbage show that plants cultivated under far-red light appear to be more elongated, loose, aerial and fragile than those under red or blue light. This can likely be ascribed to changes in the red to far-red ratio which mediates shade-avoidance responses (Smith, 1994) such as leaf thinning (Goto, 2003). On the other hand, plants grown under red light show more compact growth habits such as thicker petioles, shorter and bigger leaves resulting in a denser canopy. Growth and development characteristics of plants under blue light are in-between those of red and far-red light. Further, spectral data of LEDs will be related to the natural light conditions as the light environment changes with seasons. It is indicated that distinct peak wavelength alter morphological traits of Chinese cabbage transplants and possibly alleviate plant growth effects caused by the substrates. Follow up experiments are ongoing.

Acknowledgement

The project is financial supported by the Ministry of Food, Agriculture and Consumer Protection of Lower Saxony, Germany.

Literature

Di Benedetto, A., Petracchi, J. C., Marcella, G., Montaron, P., Chavez, W. (2006): Evaluation of alternative substrates for bedding plants. Int. J. Agric. Res., 1(6), 289-295.

Goto, E. (2003): Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. Environ. Control in Biol., 41(2), 121-132.

Lanzi, A., Incrocci, L., Pulizzi, R., Pardossi, A., Marzialetti, P. (2009): Evaluation of some peat-alternative substrates in horticultural crops. Acta Hortic., 807, 553-558.

Smith, H. (1994): Sensing the light environment: the functions of the phytochrome family. In: Photomorphogenesis in Plants -2nd edition (ed. By Kendrick, R.E., Kronenberg, G.H.M.). Kluwer Academic Publishers, The Netherlands, pp. 377-416.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 208–209 (2017)

Remote green LAI estimation in maize using UAV-based low-cost camera imagery

Andreas Tewes[1,2] und Jürgen Schellberg[2,3]

[1] Crop Science Research Group, Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, 53113 Bonn; [2] Center for Remote Sensing of Land Surfaces, University of Bonn, Genscherallee 3, 53115 Bonn; [3] Agro- and Production Ecology, Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Auf dem Hügel 6, 53121 Bonn
E-Mail: *atewes@uni-bonn.de*

Introduction

The genotype, climate, plant density (PD) and soil fertility (especially nitrogen (N) supply) influence the development of maize (*Zea mays*) leaf area, with the two latter factors widely recognized as two most important crop management practices that determine maize plant development and ultimately grain yield (Ciampitti and Vyn (2012), Yan et al. (2017)) Measuring field trial green leaf area index (gLAI - i.e. green leaves as photosynthetically active plant tissue) in maize using in-situ measurements is labor-intensive, costly work, with often inaccurate results. UAV-based remote sensing facilitates estimation due to quick and easy deployment of sensors that are able to cover a large number of plots in little time. Therefore, modified low-cost cameras with sensitivity in the visible and near-infrared domain have gained the attention of the scientific community. However, their potential to sense differences in gLAI in maize induced by management factors is largely unexplored. We asked: 1) Is there a functional relationship between gLAI and selected spectral vegetation indices based on low-cost imagery per management factor at very high spatial resolution? 2) Is it possible to draw the same conclusions on the effects of management factors on gLAI development by solely rely on vegetation indices, assuming the existence of a functional relationship?

Material and Methods

The study field was located at University of Bonn's agricultural research facility Campus Klein-Altendorf (CKA). The experiment consisted of a combination of two plant densities (S1 – 50.000 plants/ha^{-1}, S2 – 100.000 plants/ha^{-1}) and two N fertilization rates (N1 – 100 kg/ha^{-1}, N2 - 200 kg/ha^{-1}) arranged in a random sampling design. It was conducted during the growing seasons of the years 2015 and 2016. Every treatment was established on a plot sized 3 m x 30 m, with 5 repetitions each. Row spacing was 0.75 m. Nitrogen was applied as inorganic ammonium sulfate (ASN) as a one-time treatment before planting. Maize plants were sampled destructively and gLAI was measured in the laboratory using the LI-COR LI-3100C area meter (LI-COR Inc., Lincoln, NE, USA) in approximately 14-day intervals (352 samples collected in 2015 and 304 samples in 2016).

Spectral data was collected using two Canon ELPH 110HS digital compact RGB cameras, modified by LDP LLC Inc. (Carlstad NJ, United States). One camera was fitted a blue rejection filter, which renders it sensitive for R = Red + NIR (800 – 1100 nm), Green = Green + NIR and B = NIR only, the other delivers B = Blue + NIR, G = Green and R = NIR (680 – 780 nm). The cameras were mounted inside a frame underneath a Mikrokopter OktoXL6S12 (HiSystems GmbH, Moormerland, Germany) octocopter. Data was collected on mostly cloud-free days around noon, immediately before the plant sampling. Images were corrected for vignetting effects and barrel distortion and subsequently orthomosaicked in Agisoft Photoscan Professional

(Agisoft LLC, St. Petersburg, Russia). We calculated NDVI (NIR-Red / NIR+Red), GNDVI (NIR-Green / NIR+Green) and 3BSI (NIR-Red / Green+Red) spectral vegetation indices from the mean values of all pixels falling within the sampling spot in the field.

Results and Discussion

Standard analysis of variance (ANOVA) and the post-hoc tests revealed that all treatments show significant differences between gLAI values in 2015. In 2016, no differences were found between the N treatments.

In general, the spectral vegetation indices delivered meaningful relationships with the measured gLAI data. GNDVI performed slightly better than NDVI, the 3-band approach via 3BSI did not show any benefits. Results however did not show a consistent influence of management factors on the models derived from both years. GNDVI and NDVI saturated at gLAI values > 3 in 2016; no saturation could be seen for 2015 models. 3BSI performed worse but showed no effect of saturation in both years. Equal gLAI values did not necessarily result in equal spectral vegetation index values. Models especially resembled in 2016, where differences in nitrogen application did not show an effect on gLAI development. We therefore conclude that, as long as no other factor interferes, the difference in plant density did not show a major effect on the derivation of gLAI – SVI models. However, it needs to be taken into consideration that plant densities of both 50.000 and 100.000 plants / ha^{-1} resulted into canopy closure and invariability of values in the visible spectrum due to maximum absorption of light in the canopy. Models differ between all treatments in 2015, which might be due to differences in chlorophyll content that caused differences in reflectance, induced by both nitrogen supply and plant density. Unfortunately no parameters were measured beyond gLAI, which is why we recommend to always measure chlorophyll content in studies investigating the effect of gLAI on canopy reflectance.

The analysis of variance for NDVI and 3BSI showed no significant difference in high plant density treatments both in 2015 and 2016, contrary to the results of the gLAI analysis. All three SVIs failed to capture the lack of difference between the N treatments in 2016. Additionally, GNDVI indicated no difference between the S1N2 and S2N1 trials for both years. The gLAI data did not show this result. Overall, it is obvious that conclusions drawn from the SVI ANOVAS differed from those drawn from the direct measurements. This puts the sole reliance of management factor analysis on SVIs derived from modified COTS imagery into question; especially when expected gLAI values show asymptotic relationships in the spectral absorption ranges. NDVI and GNDVI curves were only slightly responsive to gLAI changes at values > 3. We conclude that low-cost cameras with their band combinations can be used to estimate gLAI in field trials up to gLAI values of 3. Conclusions on effects should be backed up by field measurements rather than remotely sensed data.

Literatur

Ciampitti, I.A., Vyn, T.J., 2012. Physiological perspectives of changes over time in maize yield dependency on nitrogen uptake and associated nitrogen efficiencies: A review. Field Crops Research 133, 48–67. doi:10.1016/j.fcr.2012.03.008

Yan, P., Pan, J., Zhang, W., Shi, J., Chen, X., Cui, Z., 2017. A high plant density reduces the ability of maize to use soil nitrogen. PLOS ONE 12, e0172717. doi:10.1371/journal.pone.0172717

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 210 (2017)

Dreidimensionale Erfassung von Winterweizenbeständen mittels photogrammetrischer Verfahren zur Ermittlung morphologischer Bestandesparameter

Christian Wagner und Hartmut Stützel

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

Einleitung

Die Phänotypisierung von Pflanzen stellt seit Jahren eine wichtige Aufgabe für Wissenschaftler dar. Technisch stehen dazu unterschiedlichste Sensoren und Sensorkombinationen zur Verfügung. Das Ziel ist es zumeist genaue Messwerte verschiedener morphologischer Parameter zu erhalten. Dabei ist zwischen Einzelpflanzen und Pflanzenbeständen zu unterscheiden. Pflanzenbestände stellen eine besondere Herausforderung dar, da durch Verdeckungen und Überlappungen im Bestand die Bestimmung von Pflanzenparametern erschwert wird. Die Erfassung von Pflanzenbeständen wird anhand von Winterweizen als Feldversuch unter Verwendung der Photogrammmetrie untersucht.

Material und Methoden

Winterweizenparzellen von 1,5m x 3m auf dem Versuchsfeld dienen als Messgrundlage des Versuchs und werden photogrammetrisch erfasst. Die Pflanzen wurden zu unterschiedlichen Wachstumsstadien aufgenommen. Für die Aufnahme wird die Parzelle schrittweise mit einer Spiegelreflexkamera (Canon EOS750D) fotografiert oder alternativ gefilmt. Bei der Fotoaufnahme ist es wichtig eine hohe Überlappung des Aufnahmebereichs von bestenfalls 80-90% zu erreichen. Bei der Videoaufnahme muss das Video in seine Einzelbilder zerlegt werden. Anhand der Aufnahmen wird im Anschluss ein dreidimensionales Modell berechnet und erzeugt. Hierbei kommt die Software Photoscan von Agisoft zum Einsatz. Diese Software sucht in den Einzelbildern korrespondierende Punkte und orientiert die Einzelbilder anhand dieser Punkte zueinander. So ergibt sich nach und nach aus den Einzelbildern ein zusammengesetztes Bild aus dem eine dreidimensionale Punktwolke berechnet werden kann. Die Punktwolke dient dann weiterführend als Basis für die Bestimmung von Bestandesparametern.

Ergebnisse und Diskussion

Die Qualität der dreidimensionalen Modelle hängt von unterschiedlichen Parametern ab. Hierbei spielt die Anzahl der Einzelbilder und die Entfernung zum Objekt eine wichtige Rolle für die Genauigkeit. Daher ist es besonders wichtig die optimalen Aufnahmeeinstellungen zu ermitteln, um im Anschluss aus dem Modell Parameter untersuchen zu können. Ebenso wichtig sind konstante Umweltbedingungen während der Aufnahme. Schattenwurf und Wind können bei der Auswertung für die Software problematisch sein, sodass keine gemeinsamen Punkte gefunden werden können. Unter Berücksichtigung der Aufnahmeparameter eignet sich die verwendete Software, um aus den Einzelaufnahmen texturierte 3D-Modelle zu erzeugen, die als Grundlage weiterer Auswertungen dienen.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 211–212 (2017)

Intercropping Maize and African Nightshade – Light interception and dry matter production

Jonas Friederitzi

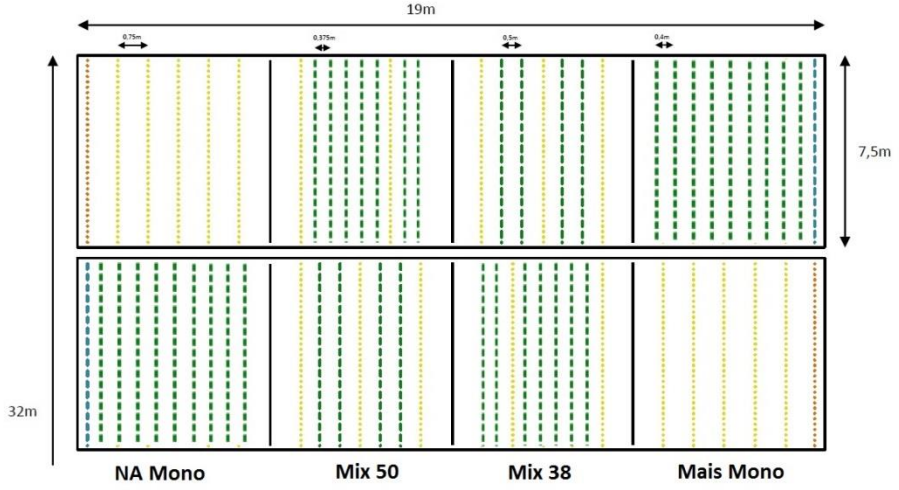
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover; E-Mail: *jonas.friede@posteo.de*

Einleitung

Today's most agricultural systems and agricultural research is based on optimising the productivity of monocultures. On the other hand "such systems are widely criticised for their negative environmental impacts, such as soil erosion and degradation, chemical contamination, loss of biodiversity, and fossil fuel use" (Malézieux et al. 2009) (Giller et al. 1997; Griffon, 1999; Tilman et al., 2002). Some say that nature has an incredible productivity, what we, just seeing the agro-industry, cannot imagine anymore, because todays agricultural systems are so disconnected from nature. Everything in nature is working by species interacting on another.
So we tried to find out how Maize and African Nightshade are interacting on another, especially in light interception.
Maize (Zea Maize) is a stable food and "Africa's most important crop" (Nweke, The Cassava transformation in Africa).It is a C4-Plant and therefore relatively drought tolerant. It has a high biomass production and has a high content of Carbohydrates, what makes it nutritious in terms of energy. But besides of that, Maize has not many other nutritional values. However African Nightshade (Solanum scabrum) has a high content of nutrients, especially of Iron, Vitamin A and Zinc (Van Jaarsfeld et al., 2014). All three play a key role in malnutrition and the hidden hunger. African Nightshade is one of the most widely consumed traditional leafy vegetable in Africa (Ojiewo et al., 2013) and is also relatively drought tolerant.

Material und Methoden

The variety for Maize was ‚Sweet Image F1' and for African Nightshade it was 'Olevolosi'. The former was sown directly in the soil of the field, while the Nightshades were germinated in the greenhouse. There were four Blocks in the field and each block contained two variants of intercropping and the two monocultures. The African Nightshades were planted with a distant of 40x40cm and the Maize 14x75cm. For the first Intercropping variant (Mix 50) one row of Maize were left out and replaced by two rows of Nightshade, as you can see in the figure. In the second variant (Mix 38) two rows of maize where left out and replaced by 5 rows of nightshade.



Around 7,5 weeks after planting (08.07.2016) the Nightshades were harvested completely and replaced by new germinated plants. They were then harvested after only 4,5 weeks with the maize.
In the meantime measurements for light interception, soil moisture, plant size, leaf area and fresh & dry matter were taken.

Ergebnisse und Diskussion

At this point of time the data is not fully analysed yet. But what I can say is that there is no significant difference in the light interception of the four variants. Of course there is a difference in the dry matter production, because Maize is known for its high biomass production. African Nightshade can also grow strong but is in comparison relatively tender. That is why a comparison of the four variants in dry matter production and the light use efficiency is difficult.
The dry matter production of the Maize per plant was nearly the same in all variants. It had less space in the intercropping variants on the ground, but better access to light, because the African Nightshade don't grow that tall. Because of the less space the Maize in the Mix 38 had the highest dry matter production per square meter.
For the African Nightshade it had the lowest dry matter production per plant in the Mix 38, but also the least space per plant. For the two other variants there was not really a difference. The Monoculture of the Nightshades had the highest dry matter production per square meter, followed by the Mix 38. But I am not sure about the significances yet.
The Land Equivalent Ratio (LER) for the crop turned out to be 1,00 for the Mix 50 and 1,16 for the Mix 38.
Overall, at this point of time, I would suggest the Mix 38 as the best variant of all four. But as mentioned the data is not fully analysed yet. And to give a proper suggestion it needs more data and deeper research. What I also want to do is to analyse the Mix 38 in differences of the Nightshade plants and its positions. More over this intercropping variant is just useful when you what to grow much African Nightshade and less Maize.

Literatur

Malézieux et al. (2007) – Mixing plant species in cropping systems: concepts, tools and models. A review. *Agron. Sustain. Dev. 29 (2009) 43-62*

Felix I. Nweke, The Cassava transformation in Africa. Michigan State University, FAO Corporate Document Repository. http://www.fao.org/docrep/009/a0154e/A0154E02.HTM

Ojiewo et al. (2013) – Exploiting the Genetic Diversity of Vegetale African Nightshades, *Global Science Books*

Van Jaarsveld et al. (2014) – Nutrient content of eight African leafy vegetables and their potential contribution to dietary reference intakes. *Journal of Food Composition and Analysis 33 (2014) 77-84*

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 213–214 (2017)

Wechselwirkung von Free Air CO_2 Enrichment (FACE) und N-Düngung auf die Ertragsbildung von Winterweizen

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

Thünen-Institut für Biodiversität, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, Deutschland

Einleitung

Es wird erwartet, dass die atmosphärische CO_2 Konzentration vom heutigen Wert von 400 ppm auf 900–1200 ppm bis zum Jahr 2100 ansteigt. Es ist bekannt, dass e[CO_2] über Steigerung der Photosynthese die Biomasse und den Kornertrag von Weizen und anderen C_3 Nutzpflanzen steigert. Dieser sog. CO_2 Düngeeffekt ist ein wichtiger Bestandteil von Pflanzenwachstumsmodellen um zukünftige Erträge vorauszuplanen. Jedoch sind experimentelle Daten von Studien zur CO_2 Anreicherung unter Feldbedingungen rar.

Der Kornertrag wird wesentlich von der (i) Strahlungsaufnahme des Pflanzenbestandes (AR), (ii) der Effizienz der Konversion der aufgenommenen Strahlung in Biomasse (RUE) und (iii) dem Anteil der Biomasse, welche den Körnern zugewiesenen wird, (Ernteindex) bestimmt. Studien mit Weizen zeigten, dass sich der CO_2 Düngeeffekt bei abnehmender N-Versorgung vermindert (Kimball et al. 2002; Weigel und Manderscheid 2012). Jedoch ist nicht im Detail bekannt, wie e[CO_2] die ertragsbestimmenden Prozesse beeinflusst und ob es CO_2 x N Interaktionen bezüglich dieser gibt.

Material und Methoden

2014 und 2015 wurde ein Free Air CO_2 Enrichment (FACE) Experiment mit Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) durchgeführt. Eine Weizensorte (Batis) wurde bei zwei CO_2 Konzentrationen (390 ppm und 600 ppm) und drei N-Stufen (35/ 40, 180/200, 320 kg N ha^{-1}) im Design einer Spaltanlage angebaut. Die N-Düngung erfolgte durch Handapplikation von Kalkammonsalpeter. Es wurde manuell bewässert um für eine nutzbare Feldkapazität zwischen 50–90% zu sorgen. Das Pflanzenwachstum wurde auf Grundlage fünf destruktiver Ernten bestimmt. Die vom Bestand aufgenommene Strahlung wurde wöchentlich mit Hilfe eines Quanten Sensor (SUNSCAN) gemessen. Die Bestimmung von RUE erfolgte durch lineare Regression der oberirdischen Biomasse auf der AR.

Ergebnisse und Diskussion

Gemittelt über beide Versuchsjahre steigerte e[CO_2] zur Kornreife die oberirdische Biomasse um 13% in der N-Mangelvariante, 18% in der praxisüblichen N-Variante und 14% bei N-Überschuss. Dieses Ergebnis ist etwas höher im Vergleich zu anderen Studien. Kimball et al. (2002) beobachteten eine Steigerung von 9% unter praxisüblichen N-Düngung und Weigel und Manderscheid (2012) eine Steigerung um 8% bei N-Mangel und 15% bei praxisüblicher N-Versorgung. Bezüglich des Kornertrags gab es eine signifikante CO_2x N Interaktion, wobei der Kornertrag durch e[CO_2] signifikant um jeweils 17% bei der praxisüblichen und N Überschussvariante gesteigert wurde. Bei N-Mangel war der Kornertrag nicht-signifikant um 10% erhöht. Dieses Ergebnis entspricht jenem von Kimball et al. (2002) wo der Ertrag nicht-

signifikant um 8% bei N-Mangel und signifikant um 16% bei praxisüblicher N-Versorgung durch e[CO_2] gesteigert wurde.
Die Steigerung des Kornertrags durch e[CO_2] war eng gekoppelt an eine signifikante Steigerung von RUE. Hierbei gab es eine signifikante CO_2 x N Interaktion, wobei RUE bei der praxisüblichen und N Überschussvariante signifikant gesteigert wurde, nicht aber bei N-Mangel. Dagegen hatte e[CO_2] keinen signifikanten Effekt auf AR. Der Ernteindex wurde durch e[CO_2] signifikant um bei N-Mangel 4% reduziert, jedoch wurde dieser bei den anderen Varianten nicht erhöht.
Es kann geschlossen werden, dass eine Ertragssteigerung durch zukünftige e[CO_2] bei N-Mangel deutlich geringer ausfallen wird als bei angemessener N-Versorgung.

Literatur

Kimball, B.A., Kobayashi, K., Bindi, M., 2002. Responses of agricultural crops to free-air CO_2 enrichment. Advances in Agronomy 77, 293-368.

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, 97-10

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 215–216 (2017)

Impact of the experimental setup on wheat response to heat stress

E.E. Rezaei[1], S. Siebert[1], R. Manderscheid[2], J. Müller[3], A. Mahrookashani[1], B. Ehrenpfordt[3], J. Haensch[2], H.J. Weigel[2] and F. Ewert[1,4]

[1] Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany, E-Mail: *eeyshire@uni-bonn.de*; [2] Thünen-Institute of Biodiversity, Bundesallee, Federal Research Institute for Rural Areas, Forestry and Fisheries, 5,0 D38116 Braunschweig, Germany; [3] Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, University of Halle-Wittenberg, Betty-Heimann-Str. 5, D-06120 Halle (Saale), Germany; [4] Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Institute of Landscape Systems Analysis, D-15374

Introduction

Previous experiments testing the response of wheat to heat stress around anthesis suggested dissimilar impacts of heat on yield and yield components (Ferris et al., 1998; Liu et al., 2016). The objective of the current study was to assess the influence of differences in experimental setup with regard to heating methods, temperature measurement and soil substrate on the response of wheat to heat and combined heat and drought stress around anthesis (HSA) by series of experiments under controlled conditions.

Materials and Methods

6 pot experiments were conducted from 2013 to 2015 under controlled conditions in Braunschweig, Bonn and Halle to study the effect of heat (H) and combined heat and drought stress (HD) on wheat yield and yield components. Crop heat stress, called subsequently stress thermal time (STT), was calculated as temperature sum above a critical threshold set to 31 °C. It was calculated by using temperature measurements of the ambient air (Tair) in Bonn and Braunschweig experiments and of the ear surface (Tear) in the Halle experiments. While the ambient air in climate chambers was heated at Bonn and Braunschweig experiments, infrared heaters were used at the Halle experiments. Sandy soil substrate was used at Bonn and Halle while clay soil was used at the Braunschweig experiments.

Results and Discussion

Exposing plants to a STT_{Tair} of 12000 °C min at anthesis resulted in a significant reduction in wheat yield (-24%) for the plants grown on sandy soil (Bonn) while the impact on wheat yield for plants grown in pots with clay soil (Braunschweig) (-13%) was not significant (Figure 1). The sensitivity of wheat yield to heat was more pronounced when heat stress was calculated based on ear temperature with a -16% reduction in grain yield detected for a relatively low STT_{Tear} of 1900 °C min at the Halle experiment (Figure 1). Combined heat and drought stress amplified the negative effects on yield compared to the individual heat stress for all experiments (Figure 1). The grain number was reduced by heat in all experiments (-13% to -38%). Higher single grain weight partly compensated for the reduction in grain yield under heat stress mainly for the clay soil substrate in Braunschweig, but not in the experiments performed in Bonn and Halle (Figure 1). The results demonstrate that differences in the experimental setup need to be considered when interpreting and comparing results of heat stress experiments. Sandy soil, which was used in Bonn and Halle experiments, could have resulted in unintended drought stress and reduced transpiration cooling (Passioura et al., 2006) in particular during the heating period and consequently higher sensitivity to heat. Direct heating of ears (and flag leafs) as applied at the Halle experiments could counteract the transpiration cooling

and therefore be more harmful than heating of the ambient air in climate chambers (Braunschweig and Bonn). Finally, the heating method may also cause differences in leaf vapour pressure deficit (VPD) and consequently affect stomatal conductance and photosynthesis rate. We conclude that the experimental setup has a substantial influence on the detected sensitivity of wheat yields to heat stress and that such uncertainties need to be considered when developing stress response curves used for climate change impact assessments.

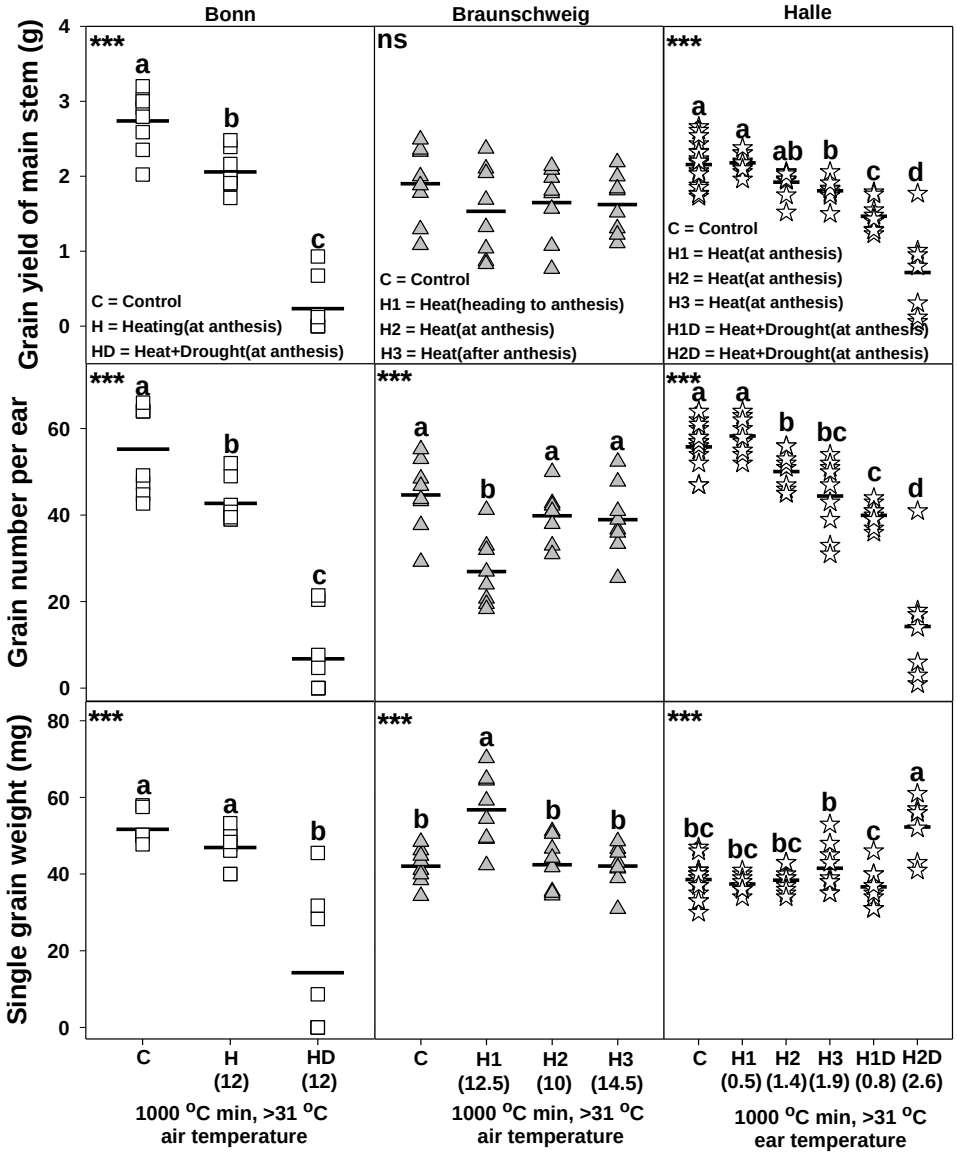


Figure 1. The observed grain yield, grain number and single grain weight of wheat under control, different levels of heating and combined heat and drought stress in Bonn, Halle and Braunschweig experiments. Each symbol represents one replication and the black line shows the mean across replications. ns = non-significant trend, *, ** and *** = significance at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively. Different letters indicate statistically significant differences (P < 0.05) between treatments. H = sole heat and HD = combined heat and drought.

References

Ferris, R., Ellis, R.H., Wheeler, T.R., Hadley, P., 1998. Effect of High Temperature Stress at Anthesis on Grain Yield and Biomass of Field-grown Crops of Wheat. Ann. Bot. 82, 631–639. doi:10.1006/anbo.1998.0740

Liu, B., Asseng, S., Liu, L., Tang, L., Cao, W., Zhu, Y., 2016. Testing the responses of four wheat crop models to heat stress at anthesis and grain filling. Glob. Chang. Biol. 22, 1890–1903. doi:10.1111/gcb.13212

Passioura, J.B., Brockwell, J., Gault, R., Ellis, M., Dennis, E., Peacock, W., Feng, G., Wu, L., Letey, J., Gibbs, J., Greenway, H., Pankhurst, C., Pierret, A., Hawke, B., Kirby, J., Rasse, D., Smucker, A., Ray, J., Sinclair, T., Seki, M., Narusaka, M., Ishida, J., Nanjo, T., Fujita, M., Silva, A. da, Kay, B., Perfect, E., Tisdall, J., Cockroft, B., Uren, N., Townend, J., Dickinson, A., Watt, M., Kirkegaard, J., Passioura, J., 2006. Viewpoint : The perils of pot experiments. Funct. Plant Biol. 33, 1075. doi:10.1071/FP0622

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 217–218 (2017)

Bildungsmodule zur Anpassung an den Klimawandel für die landwirtschaftliche Fachschulausbildung

Barbara Köstner[1], Uwe Bergfeld[2], Jörn Möller[2], Tino Müller[2] und Ellen Müller[2]

[1] Professur für Meteorologie, Institut für Hydrologie und Meteorologie, Technische Universität Dresden; [2] Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Landwirtschaft, Nossen. E-Mail: *barbara.koestner@tu-dresden.de*

Einleitung

Im Rahmen des BMBF-Forschungsverbundes LandCaRe2020 (2006-2010) und REGKLAM (2009-2013) sowie zahlreicher weiterer Einzelprojekte wurden regionale Klimaänderungen in Sachsen und ihre Wirkungen auf Landnutzungen untersucht sowie Anpassungsmaßnahmen entwickelt. In einem aktuellen Projekt (BMUB, LandKliB) werden ausgewählte Ergebnisse für die Lehrpläne der landwirtschaftlichen Fachschulen und weitere Bildungsformate aufbereitet. Neben der Vermittlung von Grundlagen zum Klimawandel besteht die Herausforderung vor allem darin, Handlungs- und Entscheidungssituationen bei der Bewirtschaftung von Flächen und Erzeugung von Marktfrüchten und nachwachsenden Rohstoffen herauszugreifen, die bereits heute und zukünftig von Klimaänderungen beeinflusst sind. Zu den Auswirkungen gehören die regionalen Änderungen von Jahreszeiten, die Zunahme von Starkregen, die steigenden Temperaturen und ihr Einfluss auf Produktion und Bodenkohlenstoff sowie der CO_2-Düngeeffekt und sein Einfluss auf Wasserhaushalt und Nährstoffbedarf.

Material und Methoden

Neben den didaktischen Methoden des Lernfeldkonzeptes (Stiehler 2017) basieren die Methoden und Daten einerseits auf den langjährigen Feldversuchen und Dauerbeobachtungen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG 2009, SMUL 2014) sowie auf Untersuchungen von Klimafolgen auf Ertrag und Stoffflüsse im Rahmen der Arbeiten zum Entscheidungshilfesystem LandCaRe-DSS (Köstner et al. 2014, Wenkel et al. 2013).

Ergebnisse und Diskussion

Die Feldbeobachtungen sowie die Simulationsergebnisse zeigen auf, dass negative Klimawirkungen auf den Ertrag vor allem auf ungünstigen Standorten zu erwarten sind, deren Böden eine geringe Wasserspeicherkapazität aufweisen. Auf Basis von aktuellen regionalen Klimaprojektionen liegt zum Beispiel die klimabedingte Reduktion des mittleren zukünftigen Ernteertrages in einer Größenordnung, wie sie von anderen Faktoren kompensiert werden könnte. Die getesteten Faktoren bezogen sich auf (1) CO_2-Düngeeffekt, (2) Beregnung, (3) züchterisch-technologischen Entwicklungstrend und (4) Entwicklung von Agrarpreisen (Köstner und Lorenz 2014). Die Umsetzung in Bildungsmodule wird unter anderem den Erhalt der Bodenfruchtbarkeit mit Erhöhung der Wasserspeicherfähigkeit und Vermeidung von Humusverlusten aufgreifen. Als Zukunftsaspekt soll jedoch auch auf die Bedeutung des züchterischen Fortschritts hingewiesen werden, um Sorten bereitzustellen, die positiv auf den CO_2-Düngeeffekt reagieren mit Ertragsstabilisierung/-erhöhung, Reduktion des Wasserbedarfs und Erhalt der Produktqualität.

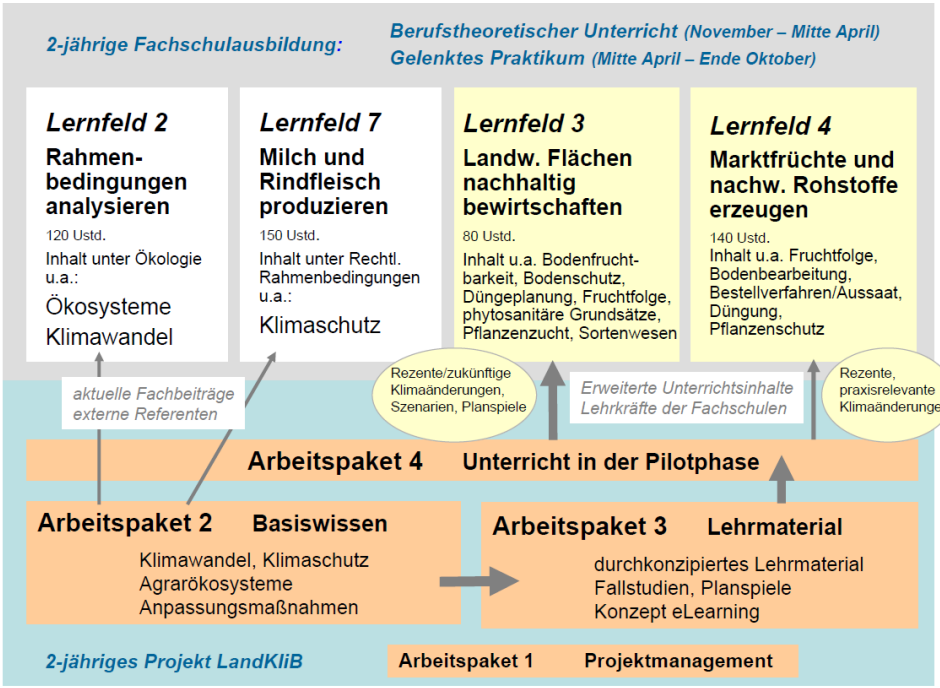


Abb. 1. Übersicht zur Umsetzung der Forschungsergebnisse in Bildungsmodule.

Literatur

Köstner B, Lorenz M (2014) Klimafolgenszenarien für Agrarregionen und landwirtschaftliche Betriebe – Anwendung des Entscheidungshilfesystems LandCaRe-DSS. In: Bloch R, Bachinger J, Fohrmann R, Pfriem R (Hrsg) Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel. Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. KLIMZUG Band 8, Oekom-Verlag, München, 325-344

Köstner B, Wenkel K-O, Berg M, Bernhofer Ch, Gömann H, Weigel H-J (2014) Integrating regional climatology, ecology, and agronomy for impact analysis and climate change adaptation of German agriculture: An introduction to the LandCaRe2020 project. European Journal of Agronomy, 52, Part A, 1-10

LfULG (2009) Klimawandel und Landwirtschaft – Fachliche Grundlagen für die Strategie zur Anpassung der sächsischen Landwirtschaft an den Klimawandel. Landesamt für Landwirtschaft, Umwelt und Geologie (LfLUG), Freistaat Sachsen.

SMUL (2014) Anpassungsmaßnahmen des sächsischen Pflanzenbaus an den Klimawandel. Sächsisches Staatsministerium für Umwelt und Landwirtschaft. [https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/11449]

Stiehler J (2017) Lernfeldkonzept auf gutem Weg. B&B Agrar, 1-2017, 21-23

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, Suppl, 168-183

Förderung: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, FKZ 03DAS107A, B

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 219–220 (2017)

Zukünftige Nährstoffausträge aus landwirtschaftlichen Flächen für das Altmühl-Einzugsgebiet

Bano Mehdi[1], Ralf Ludwig[2], Bernhard Lehner[3] und Hans-Peter Kaul[1]

[1] Abteilung Pflanzenbau/Universität für Bodenkultur, Tulln; [2] Department für Geographie/Ludwig Maximilians Universität, München; [3] Geography Department/McGill University, Montreal.
E-Mail: *bano.mehdi@boku.ac.at*

Einleitung

Für die Altmühl-Region zeigen Klimasimulationen für den Zeitraum 2041-2070, im Vergleich zu 1971-2000, sowohl monatliche Mitteltemperaturerhöhungen um 0,5 bis 4,0^{o}C, als auch 4 bis 124 mm zusätzliche Jahresniederschlagsmengen (Mehdi et al., 2015).

Zur Beförderung der maximallen Biomasse könnten in der Zukunft bestimmte Feldfruchtarten (z.B. Mais) erhöhte Düngemittelmengen bekommen (Brassard & Singh 2008). Die höheren Applikationen steigen die Nährstoffverlustgefahr, vor allem nach starken Niederschlagsereignissen (Tomassi & Jacob 2009). Reihenkulturen mit breiten Zwischenreihen und wenig Bodenbedeckung liefern ein besonders erhöhtes Oberflächenabfluss- und Erosionspotenzial. Ein Beispiel dafür sind Maisflächen, welche positiv mit hohen Nährstoffausträgen korreliert sind (Schilling et al. 2008).

Ziel des Projektes war die Auswirkungen von zukünftigen Landnutzungsszenarien in Verbindung mit Klimawandelsimulationen auf die NO_3^--N-Frachten in der Altmühl zu quantifizieren

Material und Methoden

Die Studie bezog sich auf den oberen Teil des Einzugsgebiets der Altmühl (980 km^2). Das hydrologische Modell „Soil and Water Assessment Tool“ (Arnold et al. 1998) wurde für die Simulationen von Abfluss und Nitratstickstoff (NO_3^--N) angewendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kombination von Landnutzungsänderungs- und Klimawandelszenarien führte zu einer Verschlechterung des Oberflächengewässers. Signifikant höhere jährliche NO_3^--N Frachten von +62 bis zu +672 Tonnen pro Jahr, verglichen mit dem Zeitraum 1971-2000, wurden simuliert. Die signifikant erhöhte simulierte mittlere monatliche NO_3^--N Frachten, besonders von Mai bis November, waren hauptsächlich aufgrund zusätzlicher Düngergaben in den zukünftigen Landnutzungsszenarien zurückzuweisen. Die wichtigsten Feldfruchtarten, die zu erhöhten simulierten NO_3^--N Frachten beigetragen haben, waren Winterweizen, Futtermais, Körnermais, Raps, Luzerne und Kartoffeln.

Durch zukünftige Änderungen in den Abfluss und durch die höheren Zugaben von Düngemittel haben die simulierte NO_3^--N Konzentrationen im Altmühl-Fluss vor allem von September bis Dezember die 11 mg/L Grenzwerte überschritten.

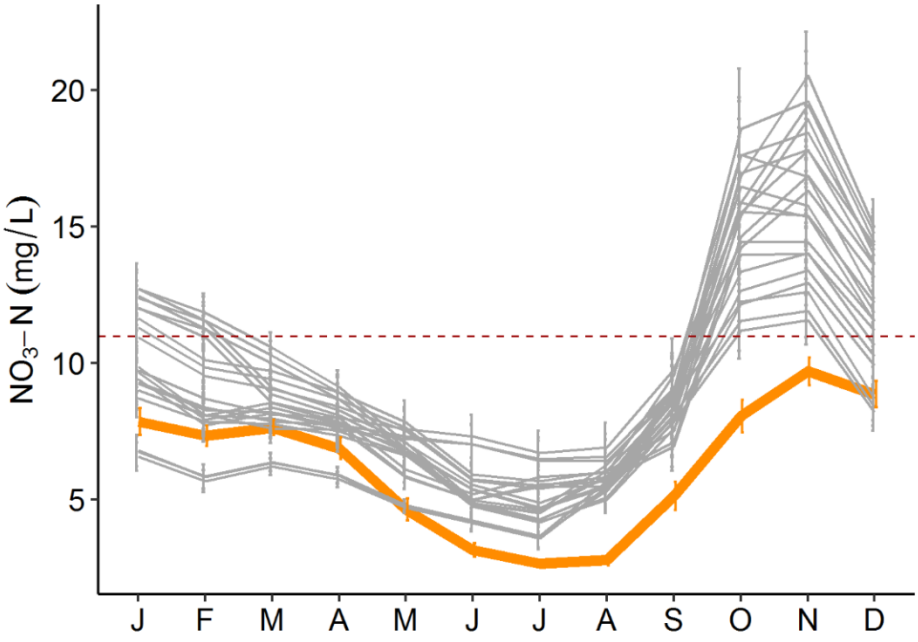


Abbildung 1. Simulierte monatliche Mittelwerte (1971-2000) für NO_3^--N Konzentrationen am Pegel Treuchtlingen (dargestellt in fetter Linie mit Fehlerbalken). Die Ergebnisse der Klimawandel- und Landnutzungssimulationen für den Zeitraum 2041-2070 sind in dünne Linien mit Fehlerbalken dargestellt.

Ein zukünftiger (2041-2070) Anstieg der NO_3^--N Konzentrationen stellt eine zusätzliche Bedrohung der Wasserqualität dar. Die Teileinzugsgebiete oberhalb des Altmühl-Sees wurden als Hotspots für Landnutzungsänderungen, insbesondere für einen Anstieg an Maisflächen, identifiziert.

Literatur

Arnold, J.G., R. Srinivasan, R.S. Muttiah & J.R. Williams (1998): Journal of the American Water Resources Association, 34, 73-89.

Brassard, J. P. & B. Singh (2008): Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 13, 241-265.

Mehdi, B., R. Ludwig & B. Lehner (2015): Journal of Hydrology: Regional Studies 4, 60-90.

Schilling, K.E., M.K. Jha, Y.K. Zhang, P.W. Gassman & C.F. Wolter (2008): Water Resources Research, 45, W00A09.

Tomassini, L. & D. Jacob (2009): Journal of Geophysical Research, 114, DOI: 10.1029/2008JD010652.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 221–222 (2017)

Wirkung pflugloser Bodenbearbeitung auf die Emission von CO_2, N_2O und CH_4

Constantin Schwarz und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Professur für Pflanzenbau, Justus-Liebig-Universität, Gießen, Schubertstr. 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 im Jahr 1999 in der Versuchsstation Rauischholzhausen der Justus-Liebig-Universität Gießen ein Bodenbearbeitungsversuch angelegt. Das Ziel dieses Versuches besteht darin, die Auswirkungen einer langfristig pfluglosen Bodenbearbeitung im Vergleich mit wendender Bearbeitung auf den Boden sowie auf agronomische und ökologische Parameter zu klären.

Material und Methoden

Der Versuchsboden ist durch eine Löß-Parabraunerde (Bodenart im Ap: uT) mit einer Ackerzahl von 75-81 gekennzeichnet. Die Versuchsfläche hat eine Größe von 3,06 ha. Für die Durchführung des Versuches wurde der Schlag in vier Streifen (= Bodenbearbeitungsvarianten) zu je 15 m Breite und 390 m Länge unterteilt. Für die Messungen des Ertrags und weiterer Parameter wurden innerhalb der jeweiligen Streifen Kleinparzellen (1,25 m x 10 m) mit vier Wiederholungen angelegt. Der Versuch enthält folgende Varianten:

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.

Die Messungen der Gasemissionen wurden im Frühjahr 2013 und 2014 jeweils zu Beginn der Vegetation bis kurz nach der Ernte der Kulturpflanze durchgeführt. Die Messungen wurden im Winterraps (2013) und im Winterweizen (2014) vorgenommen. Vorgestellt werden die Ergebnisse aus dem Weizen im Frühjahr 2014 (Sorte Tobak, 275 kf. Körner/m², N-Düngung gesamt: 188 kg N/ha in vier Gaben, Herbizid-Applikation: Stomp Aqua, Lexus und Atlantis WG.

Die Probenentnahme der Gase erfolgte mit sog. Fluxkammern (Plastik, durchsichtig). In jeder Bodenbearbeitungsvariante wurden vier Messpunkte eingerichtet, woraus sich insgesamt 16 Messpunkte ergeben, an denen Proben entnommen wurden. Jede Fluxkammer wurde über eine Dauer von einer Stunde beprobt. Pro Stunde wurden vier Proben je Fluxkammer entnommen. Die anschließende Laboranalyse der Gasproben (CO_2, N_2O, CH_4) erfolgte am GC.

Ergebnisse und Diskussion

Die im Frühjahr 2014 im Winterweizen gemessenen CO_2-Werte zeigen an drei Messterminen (Mais, Juni, Juli) über alle Varianten ein ähnliches Niveau. Im März

wurde dagegen in der Direktsaatvariante eine erhöhte CO_2-Emission von 702 mg CO_2 h^{-1} m^{-2} beobachtet, die auf die vorher durchgeführte Applikation von Gärresten zurückgeführt wird. Negative CO_2-Werte in Mai und Juni ergeben sich durch eine erhöhte Aufnahme der Pflanzen während der Messung. Nach der Ernte im Juli und August steigt die CO_2-Emissionen auf bis zu 1162,49 mg CO_2 h^{-1} m^{-2} an (Tab. 1).

Tabelle 1: CO_2-Emissionen des Bodens im Jahr 2014 im Winterweizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung, Versuch Rauischholzhausen

	mg CO2 h^{-1} m^{-2}				
	März	**Mai**	**Juni**	**Juli**	**August**
Direktsaat	702,40	-94,31	-264,05	585,02	650,07
flache Lockerung	324,60	-34,52	-193,89	440,14	736,16
tiefe Lockerung	371,77	-77,47	-220,29	436,50	661,77
Pflug	377,88	-50,58	-145,02	338,10	1163,49

Die N_2O-Werte variierten von minimal 9 - 15 µg N_2O h^{-1} m^{-2} im März bis maximal 150 - 250 µg N_2O h^{-1} m^{-2} im August (Daten nicht tabellarisch dargestellt). Von Juni bis August war ein deutlicher Anstieg der Werte zu beobachten. In den Monaten Juni und Juli wurden in der Direktsaat mit 55 bzw. 63 µg N_2O h^{-1} m^{-2} höhere Werte gemessen als in den Vergleichsvarianten.

Die gemessenen CH_4-Werte lagen im März auf einem sehr hohen Niveau (Tab. 2). Ursache dafür ist die Applikation von Gärresten, die zu Weizen per Schleppschlauch erfolgte. Die negativen Messergebnisse (Mai – August) sind darauf zurückzuführen, dass Methan aus der Atmosphäre durch methanotrophe Bakterien aufgenommen wird.

Tabelle 2: CH4-Emissionen des Bodens im Jahr 2014 im Weizen in Abhängigkeit der Bodenbearbeitung, Versuch Rauischholzhausen

	µg CH4 h^{-1} m^{-2}				
	März	**Mai**	**Juni**	**Juli**	**August**
Direktsaat	2470,11	-20,34	-20,31	-5,52	-8,96
Flachlockerung	2347,11	-35,70	-17,38	-3,27	-8,43
Tieflockerung	2408,04	7,07	-15,61	-4,36	-8,73
Pflug	2393,43	-18,74	-22,64	-24,27	-13,34

Insgesamt wird festgestellt, dass die im Weizen durchgeführte Gärreste-Ausbringung kurzfristig zu deutlichen Erhöhungen der CO_2- und vor allem der CH_4-Emission führte. Das Ausbringen von Gärresten mit Schleppschuhen im Weizen ist somit aus der Sicht der Methan-Freisetzung kritisch zu sehen. Die Spurengas-Emissionen werden darüber hinaus durch Niederschläge und Lufttemperaturen beeinflusst, die zu einem Anstieg der Werte im Sommer führen. Die seit mehreren Jahren differenzierte Bodenbearbeitung hatte nach diesen Befunden keine deutlichen Effekte auf die Spurengas-Emission des Bodens.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 223–224 (2017)

Auswirkungen von reduzierter Bodenbearbeitung und von unterschiedlichen Herbizidstrategien auf den Kornertrag und die Verunkrautung bei Sojabohnen

Benedikt Paeßens und Andreas F. Butz

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg/Referat 11 - Pflanzenbau, Rheinstetten-Forchheim; E-Mail: *benedikt.paessens@ltz.bwl.de*

Einleitung

Der Sojaanbau in Deutschland nimmt seit einigen Jahren stetig zu. Dabei werden Sojabohnen auch auf Flächen angebaut, die erosionsgefährdet sind und sich daher zur Erosionsreduktion eine reduzierte Bodenbearbeitung anbietet. Diese könnte jedoch durch die schlechtere Erwärmung der Böden von Nachteil für die wärmeliebenden Sojabohnen sein. Daher werden in einem Versuch am Stifterhof in Östringen (Baden-Württemberg) verschiedene Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung auf ihre Eignung für den Sojaanbau in den Jahren 2015 bis 2017 getestet. In vielen Fällen wenden die Landwirte vor der Saat der Sojabohnen ein Totalherbizid an. Um eine Reduzierung der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zu erreichen, werden in demselben Versuch die Auswirkungen des Verzichtes auf ein Totalherbizid vor der Saat von Sojabohnen getestet.

Material und Methoden

Der Versuch wurde als Streifenanlage vierfach wiederholt mit zwei Faktoren (Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung und Herbizidstrategie) angelegt. Es werden als reduzierte Bodenbearbeitungsverfahren getestet: (1) Mulchsaat, (2) Strip-Till und (3) Direktsaat, wobei diese in einen gewalzten oder abgefahrenen Grünroggenbestand erfolgt. Bei den Varianten (1) und (2) wurde jeweils das Totalherbizid Glyphosat vor der Saat eingesetzt oder auf dessen Einsatz verzichtet. Für die Variante (3) wurde auf den Einsatz des Totalherbizides komplett verzichtet. Hier wurde eine Kombination aus drei Herbiziden eingesetzt (Sencor, Spectrum, Centium), die auch bei den Varianten (1) und (2) benutzt wurde oder komplett auf den Einsatz von Herbiziden verzichtet. Der Kornertrag wurde erhoben und die Verunkrautung wurde an mehreren Terminen pro Jahr mit dem Göttinger Schätzrahmen erfasst. Im Jahr 2016 befand sich der Versuch auf einem Standort der mit hoher Wahrscheinlichkeit mit herbizidresistem Unkraut bewachsen war. Daher sind die Verunkrautungsbonituren aus diesem Jahr nicht zu werten. In Ergänzung zu diesem Versuch wurden an drei weiteren Standorten in Baden-Württemberg (Eppingen, Riedlingen, Zaisenhausen) Exaktversuche bei Landwirten angelegt, um die Frage des Verzichtes auf ein Totalherbizides vor der Saat beim Mulchsaatverfahren an mehreren Standorten zu testen. Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe eines gemischten, hierarchischen Modells in SAS proc mixed. Der Versuch wurde im Rahmen des von der Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernähung geförderten Projektes „Optimierung des Anbaus von Sojabohnen – Bestimmung des Vorfruchtwertes und der N_2-Fixierungsleistung sowie Reduzierung der Bodenbearbeitung“ durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Fragen des Versuches waren, ob sich verschiedene Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung für den Sojaanbau eignen und welchen Einfluss der Einsatz eines

Totalherbizides vor der Saat auf die Verunkrautung und den Kornertrag von Sojabohne hat. Die Ergebnisse zeigen, dass das Mulchsaatverfahren und das Strip-Till-Verfahren dem Direktsaatverfahren mit Grünroggen als Vorfrucht in Hinblick auf den Kornertrag überlegen sind (Abbildung 1). Die Direktsaatverfahren fallen vermutlich wegen der späteren Aussaat (zur Blüte des Roggens, Ende Mai) und des Wasserbedarfs des Grünroggens gegenüber den anderen Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung ab. Dagegen erzielen die Strip-Till-Variante und die Mulchsaatvariante relativ hohe Kornerträge. Da die Trockenheit im Jahr 2015 relativ stark ausgeprägt war, konnte im Jahr 2016 bei diesen Varianten ein höherer Ertrag erzielt werden.
Im Hinblick auf die Frage des Verzichtes auf das Totalherbizid Glyphosat vor der Saat, zeigen unsere Ergebnisse von dem Versuch auf dem Stifterhof, dass hierdurch weder der Unkrautbestand signifikant gemehrt noch der Ertrag signifikant gemindert wird. Dies bestätigen einjährige Ergebnisse aus den On-Farm-Versuchen. Nach unseren Erkenntnissen kann also beim Anbau von Sojabohnen auf das Totalherbizid Glyphosat vor der Saat verzichtet werden. In unseren Daten ist aber auch zu sehen, dass es bei den Varianten ohne Glyphosat eine nicht signifikante Zunahme des Unkrautbestandes gab. Ob dieser leichte Anstieg einen Einfluss auf den Samenbestand der Unkräuter im Boden hat, muss offen bleiben. Jedoch kann der Unkrautbestand auch in der Fruchtfolge gut unter Kontrolle gehalten werden.

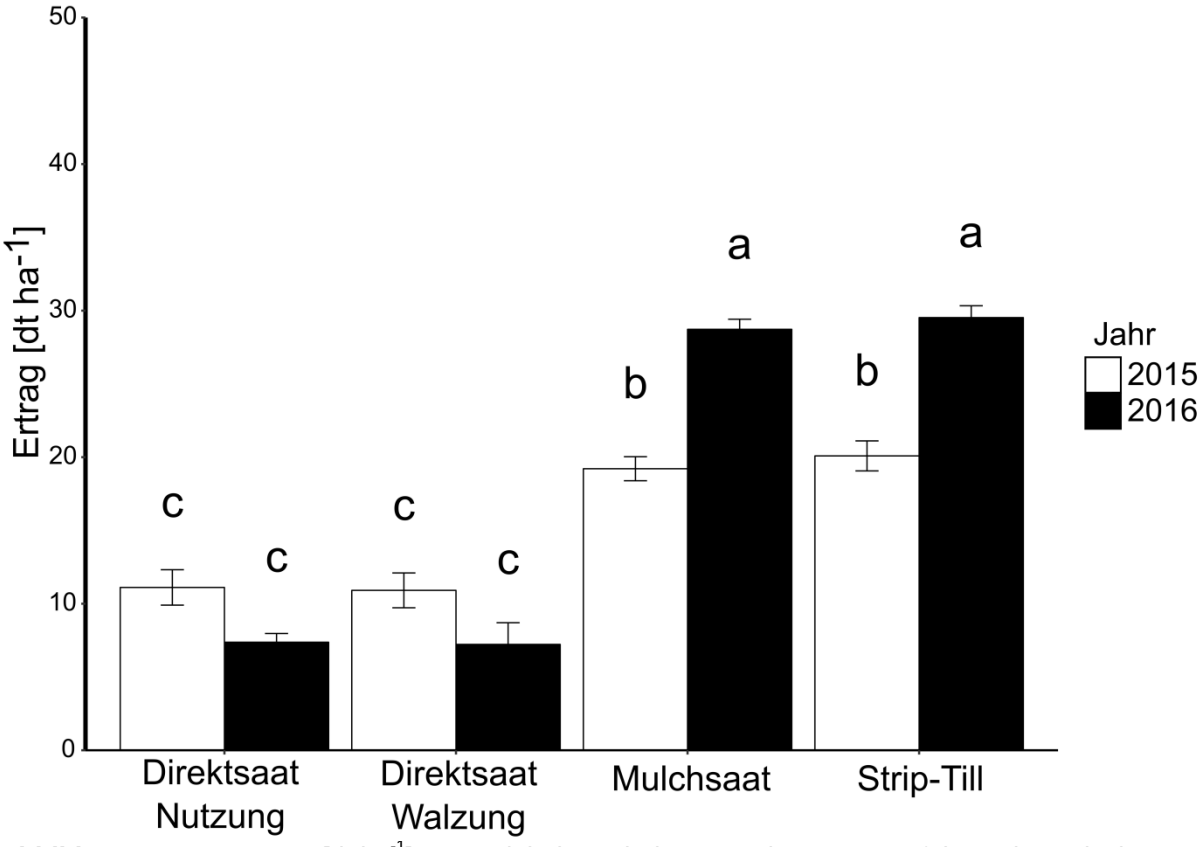


Abbildung 1: Kornerträge [dt ha^{-1}] von Sojabohnen bei Verwendung von Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung (Direktsaat nach Grünroggen mit Nutzung (Abfuhr) des Grünroggens, Direktsaat nach Grünroggen mit Walzung des Grünroggens, Mulchsaat und Strip-Till) am Standort Stifterhof, Östringen in den Jahren 2015 und 2016 jeweils gemittelt über die Herbizidstrategien. Buchstaben geben signifikante Unterschiede an (Tukey, $\alpha < 0,05$) und die Balken geben den Standardfehler an.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 225–226 (2017)

Einfluss der Wasserversorgung während der Sojabohnenblüte auf die Ertragsstruktur und den Kornertrag verschiedener *Glycine max* [L.] Merr. Sorten

Jan Petersen

Hermann-Hoepke-Institut/Technische Hochschule Bingen; E-Mail: *petersen@th-bingen.de*

Einleitung

Seit mehreren Jahren steigt in Deutschland die Nachfrage nach gentechnikfreien Proteinpflanzen. Größtenteils wird der Markt durch Rapsextraktionsschrot aus europäischer Produktion bedient. Hochwertige Proteine mit einem hohen Anteil essentieller Aminosäuren für die Monogasterernährung können so aber nicht ausreichend zur Verfügung gestellt werden. Auch Ackerbohnen und Körnererbsen eignen sich nur bedingt. Sojabohnen können den Anspruch gerecht werden. Gentechnikfreie Sojabohnen sind aus den Hauptimportländern aber kaum mehr zu beziehen. Daher steigt seit einigen Jahren der Anbauumfang von Sojabohnen in Deutschland. Während in vielen Regionen die Wärmesumme zum Sojaanbau nicht ausreicht, ist in den wärmeren Regionen die Wasserversorgung häufig ertragslimitierend. Ziel der Untersuchungen war es daher zu prüfen, ob es Sojabohnensorten gibt, die als trockentolerant gelten können und zu untersuchen, wie sich ein Trockenstress auf den Ertrag und die Ertragsstruktur auswirkt.

Material und Methoden

Am Standort Bingen am Rande Rheinhessen wurden daher 15 Sojabohnensorten der Reifegruppen 00 und 000 in den Jahren 2011 bis 2013 angebaut. Unmittelbar vor der Aussaat wurde das Saatgut mit *Bradyrhizobium japonicum* (Präparat Hi-Stick, Soja) geimpft. Zur Unkrautregulierung wurde eine Vor- und Nachauflaufherbizidanwendung (1,0 l/ha Stomp Aqua gefolgt von 0,5 l/ha Amplo - Bentazon + Imazamox) umgesetzt. Die Saat erfolgte einheitlich mit 65 keimfähigen Körnern je m² in Drillsaat (15 cm Reihenabstand) Mitte April. Weitere Pflanzenschutz- oder Düngemaßnahmen wurden nicht durchgeführt. Die Versuche wurden als zweifaktorielle randomisierte Spaltanlagen mit 4 Wiederholungen angelegt. Neben dem Faktor Sorte wurde die Großteilstücke durch eine Tropfschlauchbewässerung mit Zusatzwasser während der Sojablüte versorgt, bzw. die Sorten mussten mit dem natürlichen Niederschlag auskommen. Die einzelne Kleinparzelle bestand aus einer plot-in-plot Anlage mit 8 m Länge und 2,5 m Breite. Es fand eine Kernbeerntung auf einer Erntefläche von 12 m² jeweils in der ersten Oktoberwoche statt. Vor der Ernte wurden an 5 zufällig ausgewählten Pflanzen je Parzelle die Hülsenanzahl und die Kornzahl je Hülse bestimmt. Nach der Ernte wurde die Tausendkornmasse anhand einer dreimalige Zählungen von 200 Körner je Parzelle aus einer 1000 g großen repräsentativen Ernteprobe bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In allen 3 Versuchsjahren gab es im Sommer ein deutliches Wasserdefizit am Standort Bingen. Dies betrug im Zeitraum Mai bis August je nach Jahr -152 bis -212 mm (klimatische Wasserbilanz). In den Großteilstücken mit Zusatzbewässerung wurden 162 bis 280 l/m² Wasser in den Monaten Juli und Anfang August in 5 bis 6 Applikationen gegeben. Diese Zusatzbewässerung führte bei allen Sorten und in allen 3 Jahren zu deutlichen Mehrerträgen. Das Sortenmittel ohne Bewässerung

stieg von 19,0 auf 39,9 dt/ha mit Bewässerung an. Erklärt werden kann dieser Anstieg fast vollständig durch die gestiegene Anzahl der Hülsen je Pflanze (Tab. 1). Dass die Hülsenanzahl je Pflanze die variabelste Ertragskomponente darstellt, wurde bereits mehrfach beschrieben (Leithold et al. 2003; Stock et al. 1996). Die Kornanzahl je Hülse und die Tausendkornmasse reagierten nicht oder kaum auf das zusätzliche Wasserangebot. Die Rohprotein- und die Rohfettgehalte im Korn wurden durch die Wasserversorgung nicht beeinflusst. Die Sorten zeigten durchaus unterschiedliche Reaktionen auf die Bewässerung. Einige Sorten (ES Mentor, Sinara und Suedina) zeigten sowohl unter Trockenstress als auch bei guter Wasserversorgung in allen drei Jahren jeweils höhere Erträge als das Versuchsmittel über alle Sorten jeweils mit und ohne Trockenstress. Gleichwohl war mit der Zusatzbewässerung auch bei diesen Sorten der Ertragsanstieg groß. Mit 41,5% Ertragsanstieg bei Zusatzbewässerung reagierte die Sorte OAC-Wallace am geringsten und mit 55,3% die Sorte Petrina am stärksten. Dieser enge Bereich deutet an, dass es wenig genetische Variabilität von Sojasorten auf den Trockenstress gibt. Dies gilt zumindest für die 15 geprüften Sorten. Der Ertragsverlust durch Trockenheit wird primär davon abhängen, wann eine Sorte Trockenstress erleidet. Früh blühende Sorten mögen spät auftretenden Trockenstress entkommen können und spät blühenden Sorten können von Sommerniederschläge eventuell stärker profitieren als die frühen Genotypen.

Tab. 1: Ertrag und Ertragskomponenten von 15 Sojabohnensorten mit und ohne Zusatzbewässerung während der Blüte am Standort Bingen 2011-2013

		bewässert		unbewässert	
Parameter	Jahr	abs.	rel. %	abs.	rel. %
Ertrag dt/ha	2011	38.3	100	20.8	54.6
	2012	32.1	100	15.4	48.0
	2013	49.3	100	20.7	42.0
TKM g	2011	216.0	100	193.2	89.4
	2012	186.5	100	153.2	82.1
	2013	219	100	204.6	93.4
Hülsen/Pfl.	2011	28.9	100	21.4	76.8
	2012	51.3	100	33.3	64.9
	2013	49.3	100	20.7	42.0
Körner/Hülse	2011	2.3	100	2.2	98.8
	2012	2.8	100	2.6	92.9
	2013	2.5	100	2.5	100.0

Literatur

Leithold, G., F. Schulz, K.-P. Franz (2003): Eignung von Sojabohnensorten mit kurzer Vegetationszeit für einen Anbau auf einem ökologisch bewirtschafteten Grenzstandort unter Berücksichtigung unterschiedlicher Reihenabstände. Pflanzenbauwissenschaften, 7, 21-28.

Stock, H.-G., K. Warnsdorff, M. Kazmi (1996): Analyse der Ertragsstruktur von Sojabohnen (*Glycine max* [L.] Merr.) auf einem Standort im Mitteldeutschen Trockengebiet. Die Bodenkultur 47, 23-33.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 227–228 (2017)

Einfluss der Bewirtschaftungsform auf Hülsenansatz und Pflanzenhöhe von Sojabohnensorten und deren Effekt auf Mähdruschverluste

Mareike Pils, Dieter Trautz und Insa Kühling

Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück, Osnabrück.
E-Mail: *mareike.pils@hs-osnabrueck.de*

Einleitung

Die Anbauflächen von Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) nehmen sowohl weltweit als auch in Deutschland stetig zu. Gleichzeitig gewinnt der regionale Sojaanbau, ökologisch und konventionell, an Bedeutung, insbesondere aufgrund der steigenden Nachfrage durch die Lebensmittelindustrie (Hartman et al., 2016). Im Hinblick auf eine effiziente Ressourcennutzung ist es ein Ziel die Mähdruschverluste bei der Sojabohnenernte zu reduzieren. Der unterste Hülsenansatz trägt möglicherweise zur Entstehung von Mähdruschverlusten bei, vor allem an Standorten, die keine tiefe Schnittführung erlauben (Ramteke et al., 2012). An der Hochschule Osnabrück wurde untersucht, welchen Einfluss der unterste Hülsenansatz und die Pflanzenhöhe auf die Mähdruschverluste haben und ob die Bewirtschaftungsform diese Parameter beeinflusst.

Material und Methoden

In den Jahren 2011, 2012 und 2013 wurden an zwei Standorten, ökologisch und konventionell, sechs frühreife Sojasorten in einer randomisierten Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angebaut. Die ökologisch bewirtschafteten Versuchsflächen (Waldhof, Hochschule Osnabrück) sind gekennzeichnet durch einen sandig-lehmigen Pseudogley mit mäßigem Steinanteil, bei den konventionellen Versuchsflächen (Nettehof, Hochschule Osnabrück (2011) bzw. Betrieb Langsenkamp (2012 und 2013)) handelt es sich um einen sandig-lehmigen Plaggenesch. Die Niederschläge im langjährigen Mittel liegen an allen Standorten bei 760 mm mit einer langjährigen Durchschnittstemperatur von 9,1 °C. Für die Saatgutbeimpfung wurde 2011 HiStick (BASF) und 2012 bzw. 2013 Force48 (BASF) eingesetzt. Die Parzellengröße betrug 15 m² mit einem Reihenabstand von 37,5 cm. Die Aussaatstärke lag im Jahr 2011 bei 65 Körnern m^{-2}, im Jahr 2012 bei 70 Körnern m^{-2} und 2013 bei 77 Körnern m^{-2}. Zur Feststellung der Mähdruschverluste wurde vor der maschinellen Ernte jeweils 1,5 m² pro Parzelle per Hand als verlustfreie Referenz beerntet. Der unterste Hülsenansatz und die Pflanzenhöhe wurden an 10 Pflanzen pro Parzelle bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte über ein gemischtes Modell mit SPSS (Version 24).

Ergebnisse und Diskussion

In den untersuchten drei Jahren ergaben die Bonituren durchschnittlich höhere unterste Hülsensätze (10,4 cm) und Pflanzenlängen (81,4 cm) im konventionellen Anbau im Vergleich zum ökologischen Anbau (7,3 cm; 60,9 cm) (Abb. 1). Die Erträge lagen im konventionellen Anbau durchschnittlich um 3,8 dt ha^{-1} höher als im ökologischen Anbau. Zurückzuführen sind die höheren Erträge im konventionellen Anbau vermutlich einerseits auf die geringeren Mähdruschverluste (25,6 % konventionell; 39,2 % ökologisch). Andererseits sind optimale Bedingungen für das Pflanzenwachstum (Nährstoffverfügbarkeit, Konkurrenzdruck durch Beikräuter,

Krankheiten und Schädlinge etc.) im konventionellen Anbau einfacher zu erreichen (de Ponti et al., 2011). Ein hoher unterster Hülsenansatz führte zu einer höheren Pflanzenlänge und zu niedrigeren Mähdruschverlusten, jedoch nicht in jedem Fall zu höheren Erträgen. Signifikante Unterschiede zwischen den Sorten wurden für Ertrag, untersten Hülsenansatz und Pflanzenlänge festgestellt. Des Weiteren nahmen die Witterungsbedingungen im jeweiligen Jahr deutlich Einfluss auf die untersuchten Parameter.

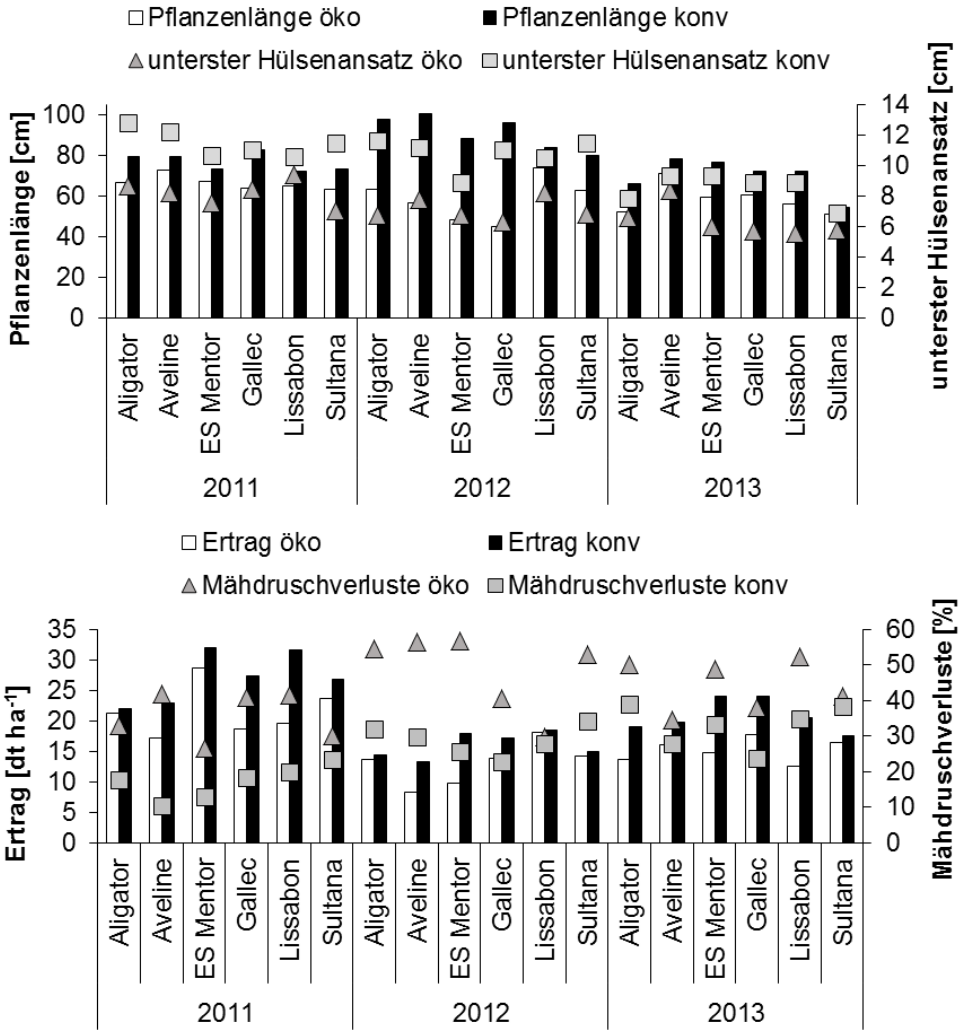


Abb. 1: Mittelwerte aus vier Wiederholungen für ökologische(n) bzw. konventionelle(n) Ertrag, Mähdruschverluste, untersten Hülsenansatz und Pflanzenlänge für sechs Sojasorten in jedem Jahr (2011-2013).

Literatur

Hartman, G. L., Pawlowski, M. L., Herman, T. K., Eastburn, D., 2016: Organically Grown Soybean Production in the USA: Constraints and Management of Pathogens and Insect Pests. *Agronomy* 6, 16 – 34.

de Ponti, T, Rijk, B., van Ittersum, M. K., 2011: The crop yield gap between organic and conventional agriculture. *Agricultural Systems* 108, 1 - 9.

Ramteke, R., Singh, D., Murlidharan, P., 2012: Selecting soybean (Glycine max) genotypes for insertion height of the lowest pod, the useful trait for combine harvester. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 82 (6), 511 – 5.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 229–230 (2017)

Einfluss der Aussaatstärke auf Ertrag, Qualität und agronomische Eigenschaften konventionell angebauter Sojabohnen (*Glycine max* L. Merril)

Olena Sobko[1], Sabine Gruber[2], Sabine Zikeli[3] und Wilhelm Claupein[2]

[1] Saaten Union GmbH Versuchsstation Moosburg, Grünseiboldsdorf 6, D-85368 Moosburg. Email: olena.sobko@saaten-union.de
[2] Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Fruwirthstrasse 23, D-70599 Stuttgart
[3] Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Koordination für ökologischen Landbau und Verbraucherschutz, Fruwirthstrasse 14-16, 70599 Stuttgart

Einleitung

Als subtropische Pflanze mit hohen Temperaturansprüchen wird Soja (*Glycine max*) in Deutschland nicht traditionell angebaut. Das Anbausystem und dessen Wechselwirkungen mit ertrags- und qualitätsbestimmenden Eigenschaften benötigen noch weitere Anpassungen (Hahn und Miedaner, 2013). Da Bestandentwicklung, Ertragskomponenten und Samenqualität bei entsprechender Ressourcenknappheit auch durch Konkurrenzverhältnisse im Bestand bestimmt werden, sollte in der Studie der Frage nachgegangen werden, wie sich die Saatstärke bzw. Bestandesdichte von Soja auf die Ertragsstruktur und die Qualität auswirkt.

Material und Methoden

Es wurde ein Feldversuch auf zwei Standorten in Bayern im Jahr 2016 durchgeführt. Der erste Standort – Grünseiboldsdorf (GSD) – liegt nördlich von München (440 m ü. NN; ø 814 mm; ø 7,7°C; Lösslehm). Der zweite Standort – Ergolding (LA) – befindet sich südlich von Landshut (390 m ü. NN; ø 834 mm; ø 8,5°C; Parabraunerde). Der Versuch wurde als zweifaktorielle Blockanlage mit den Prüffaktoren Sorte (Viola 000, Lissabon 000; ES Mentor 00, Orion 00) in den vier Aussaatstärken 30, 50, 70 und 90 Kö. m^{-2} mit vier Wiederholungen angelegt. Für die Inokulation wurde HiStick verwendet, ein Impfmittel auf Torfbasis. Die Aussaatfläche je Parzelle betrug 12,3 m^2, und die Erntefläche 10,4 m^2. Die Aussaat erfolgte am 21. April in LA und am 2. Mai in GSD mit einer mechanischen Parzellensämaschine „Inotec“ und einem Reihenabstand von 14 cm. Die Versuchsparzellen wurden am 13. und am 30. September beerntet. Dabei wurden Kornertrag, Proteingehalt, Höhe des ersten Hülsenansatzes und Anzahl der Hülsen pro Pflanze ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Kornertrag traten signifikante Unterschiede auf (Abb.1). Mit zunehmender Saatstärke stiegen die Erträge und lagen im Mittel aller Sorten zwischen 36,4 und 42,1 dt ha^{-1} TM auf dem Standort GSD, und zwischen 37,7 - 46,1 dt ha^{-1} TM auf dem Standort LA (entsprechend 30 bzw. 90 Kö. m^{-2}).

Die Höhe des ersten Hülsenansatzes ist ein wichtiges Merkmal bei Soja, da beim Dreschen weniger Ertragsverluste auftreten, je höher der Ansatz der ersten Hülsen ist. Die untersten Hülsen setzten im Versuch bei der Saatstärke von 90 Kö. m^{-2} am höchsten an (13,4 cm), und am niedrigsten bei 30 Kö m^{-2} (9,6 cm). Je dichter der Bestand war, desto höher wurdern die Hülsen angesetzt, vermutlich weil die Pflanzen aufgrund der Konkurrenz um Licht höher wachsen und weniger Nebentriebe ausbilden, (De Bruin und Pedersen, 2008).

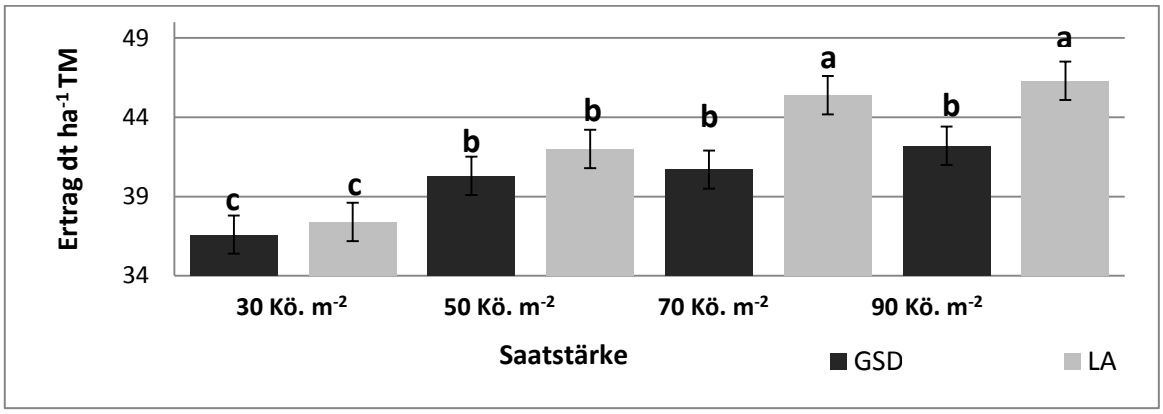


Abbildung 1: Kornertrag (TM) von Soja (Sorten Viola, Lissabon, ES Mentor und Orion) bei verschiedenen Saatstärken, Feldversuch 2016 an den Standorten GSD und LA; (Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede bei p≤0,05, die Fehlerbalken zeigen den Standardfehler)

Im Proteingehalt über alle Sorten und Standorte zeigten sich keine signifikanten Unterschiede (nicht dargestellt). Bei der Saatstärke von 90 Kö. m^{-2} war der Rohproteingehalt mit 40,8% in der TS am höchsten, und mit 39,4 % am niedrigsten bei 30 Kö m^{-2}. Das Lager der Sojabestände war am niedrigsten bei der Saatstärke von 30 Kö. m^{-2} bei den Sorten Viola, Lissabon und ES Mentor und lag zwischen 1 und 4 (Note BSA) Die langwüchsige Sorte Orion bei alle Saatstärken hatte Lagernote BSA 6-8 (nicht dargestellt).

Die höchste Hülsenanzahl pro Pflanze (35,2 Hülsen) wurde bei 30 Kö. m^{-2} Aussaatstärke erreicht, wohingegen bei 90 Kö. m^{-2} nur 17,8 Hülsen vorhanden waren (Abb. 2).

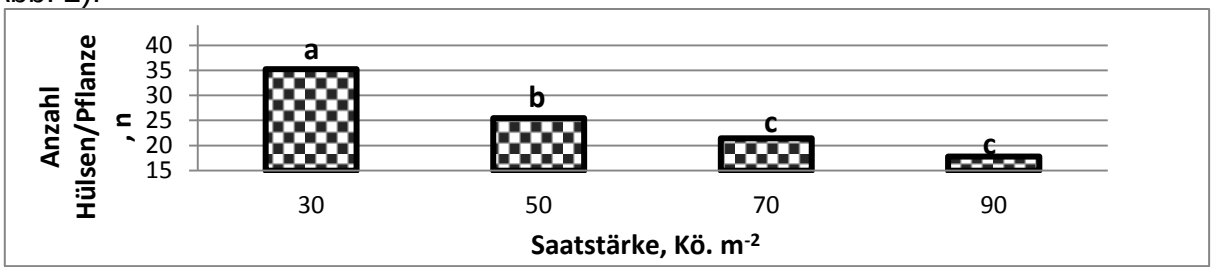


Abbildung 2: Zusammenhang zwischen Saatstärke von Soja (Sorten Viola, Lissabon, ES Mentor und Orion) und Anzahl Hülsen pro Pflanze (Stichprobe 6 Pfl./Parz.), Feldversuch 2016 an den Standorten in GSD und LA (Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede bei p≤0,05)

Wie auch die Versuchsergebnisse von De Bruin und Pedersen (2008) bestätigen, konnte Soja die verfügbaren Nährstoffe und Wasser pro Flächeneinheit gut nutzen und bei geringen Bestandesdichten den Ertrag durch höhere Hülsenanzahl kompensieren.

Die Versuchsergebnisse zeigen insgesamt, dass die Saatstärke von Soja einen starken Einfluss auf Kornertrag, Qualität und agronomische Eigenschaften hat. Der Versuch wird im Jahr 2017 wiederholt.

Literatur

Hahn, V. und Miedaner, T. (2013): Sojaanbau in der EU: Lohnender Anbau ohne GVO. DLG-Verlag, Frankfurt am Main

De Bruin, J. L. und Pedersen, P. (2008): Soybean seed yield response to planting date and seeding rate in the Upper Midwest. Agronomy Journal 100, 696-703

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 231–232 (2017)

Einfluss des Reihenabstandes und des Saatzeitpunktes bei Öko-Soja auf Ertrag und Qualität

Peer Urbatzka[1], Stefan Kimmelmann[2] und Florian Jobst[1]

[1] Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2] Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Freising; E-Mail: *peer.urbatzka@LfL.bayern.de*

Einleitung

Sojabohnen sind eine relativ neue Kultur in Deutschland. Der optimale Saatzeitpunkt und Reihenabstand unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus sind daher unbekannt. Aufgrund des hohen Wärmeanspruchs der Bohnen könnte ein späterer Saattermin günstiger sein. Allerdings ist in Bayern auf einen Drusch möglichst im September, ergo nicht zu späte Saat zu achten (Jobst et al. 2013). Bei einem größeren Reihenabstand ist der Einsatz von Hacktechnik möglich, während bei engem Reihenabstand die mechanische Beikrautregulierung nur mit einem Striegel durchgeführt werden kann.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in 2013 auf der Versuchsstation Viehhausen (Technische Universität München, Lkr. Freising, L3D 66/61, langjährige Mittel 786 mm und 7,8 °C) nach der Vorfrucht Hafer angelegt. Geprüft wurden die drei Faktoren:

- Saattermin (25.4. und 6.5.)
- Reihenabstand (12,5 und 37,5 cm)
- mit und ohne zusätzliche händische Regulierung des Beikrauts.

Gesät wurde die Sorte Merlin mit 70 keimfähigen Körnern je m². Unmittelbar vor der Saat wurde das Saatgut mit High-Stick geimpft. Die Beikrautregulierung erfolgte variantenspezifisch optimal. Die zusätzliche Handregulierung wurde am 19.6. und 2.7. zum Abschluss der mechanischen Beikrautregulierung durchgeführt. Der Rohproteingehalt wurde nach Kjeldahl analysiert. Als Versuchsanlage wurde eine dreifaktorielle Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3.

Tab. 1: Übersicht über Aufgang, Beikrautregulierung und Ernte

Saatzeit	**25.4.**		**6.5.**	
Reihenabstand (cm)	**12,5**	**37,5**	**12,5**	**37,5**
Anzahl Tage bis Aufgang	11		10	
ø Bodentemperatur (°C) Saat bis Aufgang	13,5		14,4	
Anzahl Arbeitsgänge Beikrautregulierung	5	6	3	5
Erntetermin	25.9.		2.10.	
TS-Gehalt zur Ernte (%)	84,2	84,1	84,8	84,7

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den drei Hauptfaktoren wurden keine signifikanten Wechselwirkungen festgestellt. Die Bohnen beider Saattermine liefen etwa gleich schnell aufgrund ähnlicher Bodentemperaturen auf. Bei der Saatzeit Ende April konnten die Sojabohnen eine Woche früher als bei der Saat Anfang Mai mit einem vergleichbaren TS-Gehalt gedroschen werden (Tab. 1). Auch in einem früheren Versuch am gleichen Standort führte eine Saat im Mai zu einem Drusch im Oktober

mit dem Risiko eines Totalausfalles bei ungünstiger Witterung (Urbatzka et al. 2017a). Im Gegensatz zum früheren Versuch wurde aber kein Unterschied im Kornertrag und RP-Gehalt vermutlich aufgrund eines geringeren zeitlichen Abstandes der Saattermine festgestellt (Tab. 2).

Bei dem engen Reihenabstand lag der Kornertrag mit 39,6 dt/ha signifikant höher als beim weiten Reihenabstand mit 33,6 dt/ha (Tab. 2), obwohl 1-2 Arbeitsgänge weniger zur mechanischen Beikrautregulierung durchgeführt werden konnten (Tab. 1). Dies ist vermutlich auf die bessere Standraumverteilung der Sojabohnen bei geringerem Reihenabstand zurückzuführen. Zusätzlich fiel in anderen Versuchen auch die Bestandesdichte (im Versuch dieses Beitrags nicht erhoben) bei engem Reihenabstand höher als bei weitem aus (Aigner und Salzeder 2015, Urbatzka et al. 2017b). Allerdings werden diese Zusammenhänge über die besseren Regulierungsmöglichkeiten mit Hacktechnik bei weitem Reihenabstand in Umwelten mit höherem Beikrautdruck oder ungünstigeren Witterungsbedingungen überkompensiert (Urbatzka et al. 2017b).

Aufgrund der gelungenen mechanischen Beikrautregulierung erzielten die Varianten mit zusätzlicher händischer Regulierung keinen höheren Kornertrag (Tab. 2). Die Höhe des untersten Hülsenansatzes war bei engem Reihenabstand und bei früherer Saatzeit vergleichsweise höher (Tab. 2). Dies ist ein wichtiges Merkmal zum Erfassen aller Hülsen beim Korndrusch in der landwirtschaftlichen Praxis. Innerhalb der Sorten gibt es bei der Höhe des untersten Hülsenansatzes nur wenig Variation (z. B. Aigner und Schmidt 2017).

Tab. 2: Ertrag, RP-Gehalt und Bonituren in Abhängigkeit der Hauptfaktoren

		Ertrag (dt/ha)	RP-Gehalt (%)	Höhe unterster Hülsenansatz (cm)	Wuchshöhe (cm)
Reihen-abstand (cm)	**12,5**	39,6 a	42,0 ns	9,5 a	52,1 ns
	37,5	33,6 b	41,9	8,0 b	50,6
Saatzeit	**25.4.**	36,8 ns	41,9 ns	9,2 a	53,2 a
	6.5.	36,3	42,1	8,4 b	49,6 b
Handhacke	**mit**	36,8 ns	41,7 b	8,6 ns	51,6 ns
	ohne	36,3	42,3 a	8,9	51,2

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede je Hauptfaktor (SNK-Test, $p < 0,05$)

Literatur

Aigner A, Salzeder G (2015): Saattechnik- und Saatstärkeversuch zu Sojabohnen. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 6, 53-56.

Aigner A, Schmidt M (2017): Versuchsergebnisse aus Bayern, 2016, Sojabohnen. http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=71662 (Abruf am 26.5.2017).

Jobst F, Demmel M, Urbatzka P (2013): Ergebnisse einer Umfrage zur Anbautechnik im ökologischen Sojabohnenanbau in Bayern und Österreich. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 118-121.

Urbatzka P, Kimmelmann S, Jobst F (2017a): Einfluss der Saatzeit bei Sojabohnen. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 68-69.

Urbatzka P, Demmel M, Jobst F (2017b): Untersuchung verschiedener Techniken zur Beikrautregulierung beim Anbau von Soja. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 58-61.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 233–234 (2017)

Methanausbeute von Mais-Stangenbohnengemengen bei unterschiedlicher Vorbehandlung (frisch, siliert, getrocknet)

Rüdiger Graß und Michael Wachendorf

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

Einleitung

Das Interesse an Mischanbausystemen nimmt beständig zu, da mit diesen neben Möglichkeiten der Ertragssteigerung häufig positive ökologische Wirkungen verbunden sind (erhöhte Biodiversität, Bodenschutz, N_2-Fixierung. In diesem Zusammenhang sind in den letzten Jahren verstärkt Forschungsprojekte zum Gemengeanbau von Silomais und Stangenbohnen durchgeführt worden. Neben der Verwertung als Rinderfutter besteht die Option, solche Gemenge als Substrat für Biogasanlagen einzusetzen. Erste Untersuchungen dazu (Nurk et al., 2016) zeigten eine niedrigere Methanausbeute bei steigenden Bohnenanteilen in der Mischsilage. Dieser Rückgang war durch die chemische Zusammensetzung der Silagen nicht vollständig zu erklären. Daher wurde die Hypothese aufgestellt, dass der in den Bohnen enthaltene sekundäre Inhaltsstoff Phasin aus der Gruppe der Lectine, der toxische Wirkung besitzt, evtl. die Bakterien im Biogasfermenter in ihrer Aktivität beeinträchtigt. Die Wirksamkeit von Phasin wird durch Erhitzen außer Kraft gesetzt. Daher wurde untersucht, ob sich eine unterschiedliche Vorbehandlung von Mais/Bohnen-Biomasse auf die Methanausbeute auswirkt. Neben der Vergärung frischer Biomasse direkt nach der Ernte wurde getrocknete und silierte Biomasse hinsichtlich der Methanausbeute untersucht.

Material und Methoden

Es wurden zwei Bohnensorten geprüft: *Anellino verde* als phasinreiche und *SAT 511* als phasinärmere Sorte. Die Bohnen und Mais der Sorte *Fernandez* (Siloreifezahl 250) wurden am Versuchsstandort „Neu-Eichenberg“ der Universität Kassel in der Nähe von Witzenhausen angebaut. Zur Methanpotentialmessung wurde aus der geernteten Biomasse eine Messreihe von Mais und Bohne mit Abstufungen von 25 % erstellt, angefangen von 100% Mais (M) bis zu 100% Bohne (B), so dass 5 Mischungsstufen untersucht wurden: 100% M; 75% M+25% B; 50% M+50% B; 25% M+75% B; 100% B. Die Mischungen wurden nach Frischgewichtsanteilen erstellt.

Vor der Vergärung in den Biogasfermentern wurden die Biomassemischungen drei unterschiedlichen Behandlungen unterzogen: 1) Vergärung frisch, 2) Silierung für 3 Monate, 3) Trocknung bei 60 °C. Die Vergärung erfolgte an der Universität Kassel in einem Batch-Experiment nach VDI-Norm 4630 in zweifacher Wiederholung mit einer Verweilzeit von 35 Tagen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Methanausbeuten der frischen Biomassen waren bei allen Mischungsstufen geringer als die der silierten bzw. der trockenen Biomassen (Tab. 1). Mit zunehmendem Bohnenanteil sinken die Methanausbeuten. Der Rückgang war bei der phasinreicheren Sorte *Anellino verde* bis zu einem Bohnenanteil von 50 % geringer ausgeprägt als bei der phasinärmeren Bohnensorte *SAT 511*.

Tabelle 1: Methanausbeute von Mais-Bohnensilagen (Bohnensorten *Anellino verde* und *SAT 511*) bei unterschiedlicher Vorbehandlung der Biomasse (frisch, siliert, getrocknet), Batch Experiment, Witzenhausen 2016/2017.

	Variante	**frisch**	**siliert**	**trocken**
		Methanausbeute Nl kg^{-1} oTM		
1	100 % Mais_I	294,7	343,8	337,4
2	75 % Mais/25 % Bohne (Anellino verde)	289,9	293,7	309,7
3	50 % Mais/50 % Bohne (Anellino verde)	273,0	281,4	289,2
4	25 % Mais/75 % Bohne (Anellino verde)	228,1	290,7	278,2
5	100% Bohne (Anellino verde)	207,3	276,8	285,6
6	100 % Mais_ II	292,6	344,7	336,8
7	75 % Mais/25 % Bohne (SAT 511)	244,4	311,3	340,3
8	50 % Mais/50 % Bohne (SAT 511)	246,7	288,9	310,5
9	25 % Mais/75 % Bohne (SAT 511)	240,3	294,8	286,1
10	100 % Bohne (SAT 511)	208,7	275,7	274,0

Bei reiner Bohnenvergärung lag die Methanausbeute mit 207-208 Nl kg^{-1} oTM auf einem sehr niedrigen Niveau. Die Vorbehandlung der Biomassen führte bei beiden Varianten zu deutlich höheren Methanausbeuten. Tendenziell waren bei Bohnenanteilen bis 50 % die Methanausbeuten bei getrockneter Biomasse etwas höher als bei den silierten Varianten. Zwischen phasinreicher und phasinärmerer Bohnensorte konnten nur geringe Unterschiede ermittelt werden, die keinem einheitlichen Trend folgten. Bei Vergärung reiner Bohnensilage bzw. getrockneter Bohnenbiomasse wurden um ca. 70 Nl kg^{-1} oTM geringere Methanausbeuten als bei der Vergärung reiner Maisbiomassen erzielt. Damit lagen diese Werte auf einem höheren Niveau als in den Untersuchungen von Nurk et al. (2017), wo mit reiner Bohnensilage Methanausbeuten von 220 Nl kg^{-1} oTM erreicht wurden.
Aus den vorliegenden Untersuchungen lässt sich ableiten, dass die Vorbehandlung von Biomassen zu höheren Methanausbeuten führt als die Vergärung frischer Biomassen, wodurch Ergebnisse von Herrmann et al. (2011) bestätigt werden. Dieser Effekt wird bei reiner Bohnenbiomasse verstärkt. Ob diese Effektsteigerung durch eine Hemmung des sekundären Inhaltsstoffes Phasin aufgrund der Vorbehandlung eingetreten ist, kann hier nicht geklärt werden. Die Vergärung einer phasinärmeren Bohnensorte zeigte keinen Effekt hinsichtlich der Methanausbeute.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.V.) gefördert

Literatur

Herrmann, C., Heiermann, M., Idler, C. (2011): Effects of ensiling, silage additives and storage period on methane formation of biogas crops. Bioresource Technology, Vol, 102, 5153-5161.

Nurk L., Graß R., Pekrun C., Wachendorf M. (2016): Methane yield and feed quality parameters of mixed silages from maize (Zea mays L.) and common bean (Phaseolus vulgaris L.). Bioenergy Research DOI 10.1007/s12155-016-9779-2.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 235–236 (2017)

Vergleich verschiedener Energiepflanzen hinsichtlich des Boden- und Wasserschutzes

Dennis Grunwald[1], Kerstin Panten[1], Wolf-Anno Bischoff[2] und Siegfried Schittenhelm[1]

[1] Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig; [2] TerrAquat GmbH, Nürtingen. E-Mail: *dennis.grunwald@julius-kuehn.de*

Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) als eine der ertragsstärksten alternativen Biogaspflanzen zum Mais könnte das Risiko unerwünschter Nitratauswaschungen in das Grundwasser aufgrund einer längeren Bodendeckung und intensiven Durchwurzelung des Bodens verringern. Außerdem könnten aufgrund der fehlenden Bodenbearbeitung im Vergleich zu Mais die Wasserinfiltration verbessert, der Bodenabtrag vermindert und der Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht werden.

Material und Methoden

Um diese Hypothesen zu überprüfen, wurde ein 2012 angelegter Feldversuch mit acht Blöcken und jeweils drei Parzellen à 240 m² zum Vergleich verschiedener Energiepflanzen (Mais, Silphie und als zusätzliche Variante Feldgras) genutzt.
Im Herbst 2016 wurden Bodenproben zur Bestimmung der Gehalte an organischem C (C_{org}), mineralisiertem N (N_{min}) sowie der Aggregatstabilität bis 90 cm Tiefe genommen. Weiterhin wurden am Ende der Parzellen Wannen zur Sammlung des Oberflächenabflusses und des erodierten Bodenmaterials installiert. Diese Sammler deckten eine Breite von 1,50 m, d.h. ein Viertel der gesamten Parzelle ab.
Im Frühjahr 2017 wurden zudem die Infiltrationskapazität des Bodens mittels eines Haubeninfiltrometers sowie die Lagerungsdichte des Bodens mittels Stechzylinderbeprobung (fünf Tiefenstufen à ca. 7 cm, n=6) untersucht. Die Daten wurden varianzanalytisch mit den Faktoren Kultur und Block verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Herbst 2016, nach vier Versuchsjahren, zeigten sich signifikant höhere C-Gehalte im Oberboden der Silphie- im Vergleich zu den Mais-Parzellen (Tab. 1), wie sie bereits von Gauder et al. (2016) für andere perennierende Kulturen im Vergleich zu Mais gefunden wurden. Zwischen 30 und 90 cm gab es hingegen keine Unterschiede. Weiterhin wurden signifikant unterschiedliche N_{min}-Gehalte bis 90 cm Tiefe in der Abfolge Mais > Feldgras > Silphie gefunden.

Die Aggregatstabilität in 0–30 cm Tiefe war in der Feldgras-Variante signifikant höher als im Mais (Tab. 1), was vermutlich auf die intensivere Durchwurzelung zurückzuführen ist, zeigte insgesamt aber ähnliche Werte bei den drei Kulturen. Beim Feldgras konnte eine deutlich stärkere Infiltrationskapazität als bei Silphie oder Mais gemessen werden, wobei die Silphie höhere Werte als der Mais aufwies. Auch hier könnte die Durchwurzelung des Bodens ausschlaggehend sein, die beim Feldgras und der Silphie an der Bodenoberfläche alleine durch die verschiedene Pflanzendichte bereits unterschiedlich ist.

Tab. 1: Gehalte an C_{org} in 0–30 cm und N_{min} in 0–90 cm Tiefe sowie die Aggregatstabilität in 0–30 cm Tiefe und die Infiltrationskapazität des Bodens für die untersuchten Kulturen, mit AS = Aggregatstabilität und WS = Wassersäule. Die dargestellten Daten sind Mittelwerte von acht Feldwiederholungen mit Standardabweichungen in Klammern. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante (α < 0,05) Unterschiede zwischen den Kulturen.

Kultur	C_{org}, 0-30 cm [g kg^{-1} Boden]	N_{min}, 0-90 cm [kg ha^{-1} N]	AS, 0-30 cm [%]	Infiltrationskap. [mm min^{-1} WS]
Silphie	9,2 (0,5)^{A}	9,3 (1,8)^{A}	76,6 (3,2)^{AB}	1,9 (0,9)^{B}
Feldgras	8,9 (0,5)^{AB}	16,6 (3,4)^{B}	79,7 (5,1)^{A}	5,9 (1,8)^{A}
Mais	8,4 (0,4)^{B}	28,6 (4,8)^{C}	74,9 (3,8)^{B}	0,6 (0,3)^{C}

Weiterhin konnte eine signifikant erhöhte Lagerungsdichte im Oberboden (Daten nicht gezeigt) von Feldgras gegenüber der Silphie festgestellt werden, wobei Mais Werte zwischen den anderen beiden Kulturen aufwies, sich jedoch von keiner signifikant unterschied.

Bei zwei Schneeschmelzen im Januar 2017 sowie mehreren Starkregenereignissen im Mai 2017 wurde ein deutlich höherer Abfluss beim Mais im Vergleich zu Silphie und Feldgras festgestellt. Der Abfluss der Silphie- und Gras-Parzellen lag meist nahe Null, während die verwendeten, ca. 70 L fassenden Erosionswannen der Mais-Parzellen zum Auffangen des Abflusswassers zumeist nicht ausreichten. Während bei den Schneeschmelzen aufgrund des gefrorenen Bodens nur 0,2 kg (± 0,1) Sediment in den Wannen der Mais-Parzellen gefangen wurde, waren es im Mai im Schnitt insgesamt 6,1 kg (± 1,8). Das von den Gras- und Silphie-Parzellen gesammelte Sediment war hingegen mit < 0,2 kg vernachlässigbar.

Diese Ergebnisse deuten auf Vorteile sowohl der Silphie als auch des Feldgrases gegenüber Mais bezüglich des Boden- und Wasserschutzes hin. Weiterhin wurden bereits im Oktober 2016 Passivsammler, sogenannte Selbst-Integrierende Akkumulatoren (SIA), zur Messung der N-Auswaschung in 1,20 m Tiefe in die Parzellen eingebaut, deren halbjährlich analysierte Daten weitere Schlussfolgerungen zulassen werden. Außerdem wird ab Juli 2017 jährlich eine mehrtägige Starkregensimulation als zusätzliche Variante im Versuch durchgeführt werden. Schließlich werden die gezeigten Analysen halbjährlich oder jährlich wiederholt, um ein detaillierteres Bild zu liefern.

Literatur

Gauder, M.; Billen, N.; Zikeli, S.; Laub, M.; Graeff-Hönninger, S. & W. Claupein (2016): Soil carbon stocks in different bioenergy cropping systems including subsoil. Soil & Tillage Research 155, 308–317.

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert (FKZ: 22023914).

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 237–238 (2017)

Solid Fuel Generation using Grassland Sources at a Commercial Scale Plant

Ben Joseph[1], Frank Hensgen[1], Lutz Bühle[2] und Michael Wachendorf[1]

[1]Department of Grassland Science and Renewable Plant Resources, Witzenhausen;
[2]Abfallwirtschaftsgesellschaft des Rems-Murr-Kreises, Stuttgart. E-Mail: *ben.joseph@uni-kassel.de*

Introduction

Converting biomass into an energy source using hydrothermal conditioning and mechanical separation has been proven on laboratory and prototype scale (Wachendorf, et al. 2009). This process, known as the integrated generation of solid fuel and biogas from biomass (IFBB) results in a press cake that is used as a solid fuel and a press fluid that is used for biogas production. This study was carried out to test the press cake produced using IFBB in a commercial scale plant located in the city of Baden-Baden with a capacity of handling 12000 tons/ year of grassland and green cut biomass.

Materials und Methods

Grassland silages tested in the commercial scale plant in Baden-Baden were obtained from 11 regions across Europe. The silages had undergone hydrothermal conditioning at 40ºC in a 25m³ tank for 40 min, the quantity of water used depended on the dry matter content of the silage. The mash was pumped into a screw press which produced a press fluid that was stored at -20ºC to be used later for anaerobic digestion, as well as a press cake that was transferred into a dryer. The dried press cake was then loaded into a compacting briquette press to produce briquettes. The method used for chemical analysis of the silage and press cake were similar, it is explained in detail in a previous study (Bühle, et al. 2014). The ash melting behavior was measured according to DIN 51730, the ash obtained was pressed into cylinders and investigated with a hot stage microscope. The ash melting behavior was observed with a CCD-camera and analyzed by a software, which automatically determined ash softening, spherical, hemispherical and flowing temperatures. The combustion experiments on press cake were carried out with an ÖKOTHERM®-compact plant C1L with a nominal output of 120KW. A standardized emission test section was attached to the exhaust line for the detection of O_2, CO, NO_x and SO_2. Particulate matter (PM) was also determined from the samples.

Results and Discussion

Mineral concentration of almost all elements in the press cake was lower than that of the silage in all the samples, except for Na and Ca. The reduction in mineral concentration from silage to press cake was statistically significant for the elements Cl, K, N, P, Ca, S and Mg by applying the Whitney-Man-U-test. The results from the ash melting test showed that the press cakes had higher ash softening temperatures than that of the silage with a mean difference of 66 ºC compared to 50 ºC, in all cases except for AC and CD. For flowing temperatures, press cake from the above samples had a higher temperature than the silages. Error in detection of the shape change by the CCD-camera assisted software analysis could be the cause for this variation. The mineral concentration of the silage and press cake produced using the commercial scale plant was compared to the silage and press cake from the

prototype (Fig. 1). The concentration of press cake produced in the commercial scale has a lower concentration N, Cl, K and S.

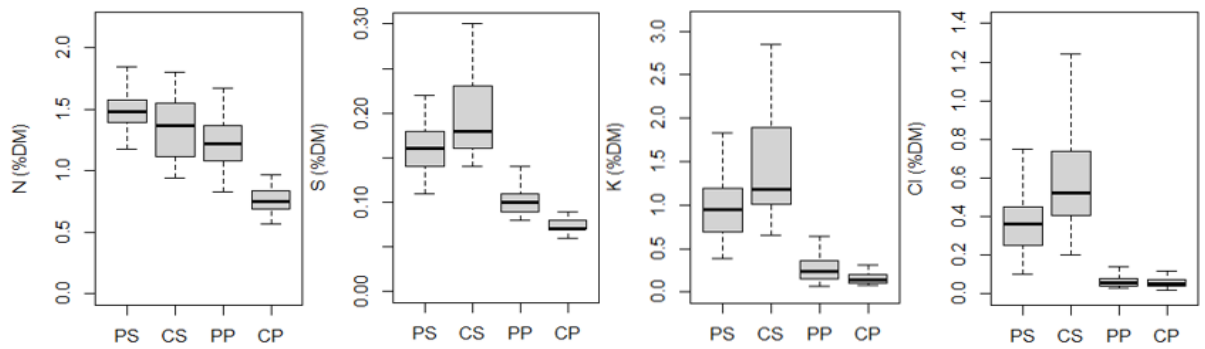


Fig 1: Comparison of reduction in mineral concentration for the elements Nitrogen, Sulphur, Potassium and Chlorine between prototype silage (PS), commercial scale silage (CS), prototype press cake (PP) and commercial scale press cake (CP).

A reason for higher reduction of mineral concentration in the commercial scale process could be due to the larger quantity of water used in the mashing stage, average ratio of the quantity of water to silage used is 15:1 compared to 4:1 for the prototype. Regarding the emissions, there was a correlation between the fuel N content and the NO_x emissions. This shows that the effect of external factors on NO_x emissions are low in the commercial scale. Similarly, in the case of SO_2 emission, the emissions depended on the Sulphur content in the press cake.

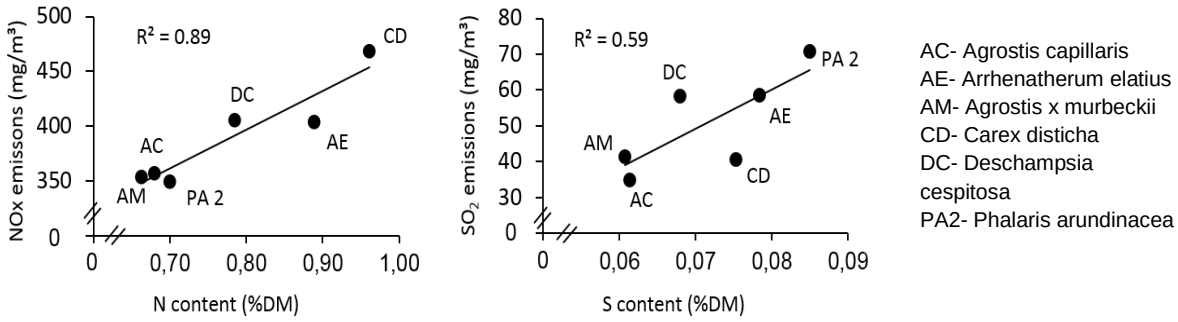


Fig 2: Emission characteristics for NO_x and SO_2 emissions at full load combustion for the commercial scale press cake from different grassland sources

Upscaling from the prototype to the commercial scale has not only resulted in improved properties of the press cake in terms of lower mineral concentration and better ash melting behavior but also produced press cake with more uniform characteristics from highly heterogeneous grassland types.

Literature

Bühle L., Dürl G., Hensgen F., Urban A., Wachendorf M.(2014): Effects of Hydrothermal Conditioning and Mechanical Dewatering on Ash Melting Behaviour of Solid Fuel Produced from European Semi-natural Grasslands. Fuel.118, 123-129.

Wachendorf M., Richter F., Fricke T., Graß R., Neff R.(2009): Utilization of Semi-natural Grassland Through Integrated Generation of Solid Fuel and Biogas from Biomass. I. Effects of Hydrothermal Conditioning and Mechanical Dehydration on Mass Flows of Organic and Mineral Plant Compounds, and Nutrient Balances. Grass and Forage Science. 64/2, 132-143.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 239–240 (2017)

Neue Miscanthus-Genotypen für eine umweltverträglichere Biogasproduktion

Anja Mangold, Iris Lewandowski und Andreas Kiesel

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Nachwachsende Rohstoffe und Bioenergiepflanzen, 70599 Stuttgart. E-Mail: *amangold@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Im Rahmen des EU-Projektes MISCOMAR (Horizon 2020, 2016-2019, No 652615) werden drei neue Miscanthusgenotypen auf ihre Eignung für die Nutzungsrichtungen Verbrennung und Biogas untersucht und dabei mit dem Standardgenotyp *Miscanthus x giganteus* verglichen.

Mais ist, aufgrund seiner hohen Methanerträge und schnellen Verdaulichkeit im Fermenter, die meist genutzte Energiepflanze für die Biogasproduktion in Deutschland. Jedoch weist Mais, wie auch andere einjährigen Energiepflanzen, ein relativ schlechtes Umweltprofil auf, was vor allem auf die jährliche Bodenbearbeitung und einen hohen Stickstoffbedarf zurückzuführen ist. Mehrjährige Kulturen, wie beispielsweise Miscanthus, sind diesbezüglich umweltverträglicher und sollten deshalb vermehrt als Biogassubstrat genutzt werden, um die Energiegewinnung aus Biogasanlagen nachhaltiger gestalten zu können. Kiesel & Lewandowski (2015) haben bereits gezeigt, dass Miscanthus im Vergleich zu Mais einen vergleichbaren Methanertrag von 6.000 m³ je Hektar aufweist. Jedoch ist bisher nur der Genotyp *Miscanthus x giganteus* kommerziell erhältlich, welcher aber nur bedingt einen Grünschnitt im Herbst toleriert. Daher war ein Ziel dieses Versuches, neue Genotypen zu identifizieren, die sich im Vergleich zum Standardgenotyp *Miscanthus x giganteus* besser für die Biogasproduktion eignen. Darüber hinaus sollte der optimale Erntetermin für die neuen Genotypen für einen Grünschnitt im Herbst gefunden werden, welcher einerseits hohe Trockenmasseerträge garantiert und zugleich eine hohe Methanausbeute je Hektar gewährleistet.

Material und Methoden

Der Versuch befindet sich auf der Versuchsstation Unterer Lindenhof (473 m ü. NN). Innerhalb eines randomisierten Blockdesigns wurden vier Genotypen (*Miscanthus x giganteus*, *GNT1*, *GNT3*, *Sin55*) in vier Wiederholungen in Großparzellen (je circa 480 m²) etabliert. Die Genotypen *GNT1* und *GNT3* sind Hybriden einer Kreuzung aus *Miscanthus sacchariflorus* und *Miscanthus sinensis*. *Sin55* ist ein reiner *Miscanthus sinensis* Hybrid. Ein Teil der Großparzellen (circa 40 m²) wurde für die drei verschiedenen Erntetermine in je drei Kleinparzellen unterteilt. Die Anordnung, in welcher Kleinparzelle welcher Schnitttermin stattfindet, erfolgte zufällig. Jede Kombination aus Genotyp und Erntetermin wurde insgesamt viermal auf dem Versuch wiederholt. Am 20.09, 04.10 bzw. am 21.10.2016 wurde die jeweiligen Kernparzelle eines jeden Genotyps geerntet. Um Randeffekte auszuschließen, wurden die Ränder der Kleinparzelle verworfen und nur die mittleren acht Pflanzen für die Untersuchungen genutzt. Neben dem Trockenmasseertrag wurde der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt), sowie das Blatt-Stängel-Verhältnis ermittelt. Darüber hinaus wird derzeit in einem Biogasversuch nach VDI 4630 der Biogasertrag der vier Genotypen und Mais als Kontrolle unter mesophilen Bedingungen (39°C) ermittelt. Hierzu wurden die getrockneten Proben mit einer

Schneidmühle auf eine Größe von 1 mm gemahlen. Anschließend wurden Gärflaschen mit 200 mg organischer Trockenmasse, sowie 30 g Inokulum befüllt und druckdicht mit einem Septum verschlossen. Das Inokulum stammt aus einer praxisüblichen Biogasanlage und wurde um verschiedene Makro- und Mikronährstoffen ergänzt. Der Batch-Test läuft insgesamt 35 Tage.

Ergebnisse und Diskussion

Die erste Ernte des Versuches ergab im Mittel über alle Erntetermine hinweg für den Standardgenotyp *Miscanthus x giganteus* die höchsten Trockenmasseerträge (20 t TM/ha). Die Genotypen *GNT1* und *GNT3* lagen in ihrem Ertrag jedoch auf einem ähnlich hohen Niveau. Allein der Genotyp *Sin55* lag mit seinem Ertrag signifikant unter dem Ertragsniveau der anderen drei Genotypen. Zwischen den verschiedenen Ernteterminen blieb der Trockenmasseertrag für die einzelnen Genotypen konstant. Beim Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) hatte der Genotyp *Miscanthus x giganteus* über alle drei Erntetermine den signifikant höchsten TS-Gehalt (49,01 %), wohingegen die anderen drei Genotypen auf einem ähnlichen Niveau lagen. Den geringsten TS-Gehalt hatte der Genotyp *Sin55*.

Die Ergebnisse des ersten Erntejahres zeigen für die Trockenmasseerträge, dass die Genotypen *GNT1* und *GNT3* vielversprechende Alternativen zum Genotyp *Miscanthus x giganteus* sind. Für die Biogasausbeute der einzelnen Genotypen wird erwartet, dass sich die neuen Genotypen auf einem ähnlichen Niveau befinden wie *Miscanthus x giganteus*. Der derzeit noch laufende Biogastest wird zeigen, ob sich der Biogasertrag zwischen den Ernteterminen für die einzelnen Genotypen unterscheidet. Außerdem wird die Ertragsentwicklung in den Folgejahren beobachtet um zu ermitteln, inwieweit sich ein Grünschnitt negativ auf die Erträge der Folgejahre auswirkt und ob genotypische Unterschiede in der Grünschnitttoleranz vorhanden sind.

Literatur

Kiesel A, Lewandowski I (2015) Miscanthus as biogas substrate - Cutting tolerance and potential for anaerobic digestion. GCB Bioenergy, n/a-n/a.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 241–242 (2017)

Die Eignung von *Silphium perfoliatum* und *Sida hermaphrodita* als Leichtbaustoff

Martin Höller[1], Frederik Thiemann[1], Kristin Höller[1], Georg Völkering[1] und Ralf Pude[1,2]

[1] INRES – Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; [2] Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: *martinhoeller@uni-bonn.de*

Einleitung

Sowohl die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) als auch Sida (*Sida hermaphrodita*) werden in Europa fast ausschließlich energetisch genutzt. Mit jährlichen Erträgen zwischen 8-20 t/ha und einem Brennwert von 19,5 MJ/kg eignet sich Sida für die Biogasproduktion und für die Verbrennung in Holzvergasern oder Pelletöfen. Die Silphie erzielt Erträge von 13-20 t/ha und wird auf Grund ihres hohen Zuckergehaltes (8% TM) als Maisalternative in Biogasanlagen eingesetzt[1].
Das Projekt wird im Rahmen des Bioeconomy Science Centers (BioSC) gefördert und hat zum Ziel beide Pflanzen im Sinne einer Kaskadennutzung stofflich zu nutzen. Beide Pflanzen haben gemeinsam, dass ihre Triebe im Inneren mit Parenchym gefüllt sind[2+3]. Die Idee ist, die wärmedämmenden Eigenschaften des Parenchyms und die mechanischen Eigenschaften der Cellulosefasern des Cortex in einer Gipsfaser-Platte zu kombinieren. Diese soll sowohl im Gipskern als auch im Karton die Pflanzenpartikel enthalten und somit den Einsatz von Gips und Papier auf Holzbasis reduzieren. Um einen ersten Einblick in die bauphysikalischen Eigenschaften, wie Dämmwert und Reißfestigkeit zu bekommen, wurden Leichtbetonsteine und Laborblätter produziert.

Material und Methoden

Zur Herstellung der Leichtbetonsteine wurde Silphie-Häckselgut mit einer Hammermühle (Fa. Buschhoff, 5 mm Sieb) auf eine Partikelgröße von 1-3 mm vermahlen und im Mischungsverhältnis 3:2 (Zement/Silphie) mit Zement, unter Zugabe von 4 l Wasser, vermengt und anschließend in Prüfquader (EN 12390-1:2012) mit 150 mm Kantenlänge gefüllt. Dem Leichtbetonstein Typ 2 wurde zusätzlich noch ein Luftporenbildner hinzugegeben. Am 28. Tag wurde am Lambda-Meter die Wärmeleitfähigkeit der Proben bestimmt (EN 12667:20).
Zur Herstellung des Papiers wurden 10 cm lange Häcksel von Sida und Silphie für eine Stunde in 50 %iger Natronlauge gekocht und anschließend 5, 10 und 15 Minuten in einem Laborrefiner nachvermahlen (4 mm, 0,5 kW). Aus dem daraus resultierenden Fasermaterial wurde dann am Laborblattbildner Papier hergestellt und die Reißfestigkeit dieser Laborblätter untersucht (EN ISO 192-4, Horizontal Tensile Testing Machine).

Ergebnisse und Diskussion

Beide Leichtbetonproben haben im Vergleich zum Referenzbeton (Gesteinskörnung mit porigem Gefüge ohne Quarzsandzusatz) bessere Dämmeigenschaften. Typ 1 ohne Luftporenbildner kommt auf einen Dämmwert von 448 mW/(m*K) und liegt somit deutlich unter der Referenz (790 mW/(m*K)) für Leichtbeton seiner Rohdichteklasse. Ähnlich verhält sich der Leichtbeton Typ 2, der einen doppelt so guten Dämmwert erreicht 198 mW/(m*K) (Referenz 440 mW/(m*K))(Abb.1).

Alle hergestellten Papiere hatten eine höhere Reißfestigkeit als das Referenzpapier (100% Altpapier, 490 Nm). Das Silphie-Papier mit 10 min Mahlzeit hat mit 1797 Nm das beste Ergebnis erzielt, die Varianten 5 und 15 min lagen mit 688 Nm und 703 Nm auf einem ähnlichen Niveau. Die Reißfestigkeit der Sida-Papiere nimmt mit zunehmender Mahldauer von 522 Nm auf 947 Nm stetig zu. Somit zeigt sich eine optimale Mahldauer der Silphium-Cellulose von 10 min, wohingegen die Sida-Cellulose mit einer längeren Mahldauer eine bessere Reißfestigkeit entwickelt (Abb.2). Weitere Ergebnisse zu den Eigenschaften der Pflanzen und den Auswirkungen auf die Anwendung als Leichtbaustoff werden auf der Tagung vorgestellt.

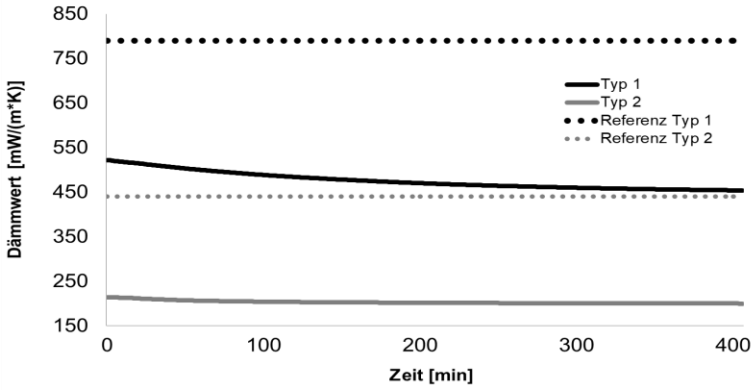


Abbildung 1: Dämmwert [mW/(m*K)] der Silphie-Leichtbetonsteine (Typ 1: Mischungsverhältnis Zement/Silphie von 3:2; Typ 2: Mischungsverhältnis 3:2 + Luftporenbildner) und deren entsprechende Bemessungswert über einen 400 minütigen Messzyklus.

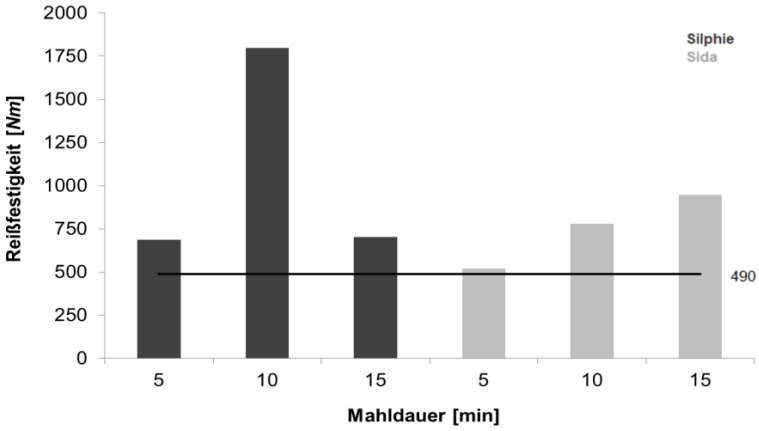


Abbildung 2. Reißfestigkeit [*N*m] der hergestellten Laborblätter aus Silphie und Sida nach 5/10/15-minütigen Mahlung der Fasern im Laborrefiner.

Literatur

[1] TFZ Bayern. (2015). Bioenergie-Dauerkulturen: Auswahl ökologischer Alternativen. Eigenverlag, Straubing.

[2] Siaudinis, G., Jasinskas, A., Sarauskis, E., Steponavicius D., Karcauskien, D., Liaudanskien, I. (2015). The assessment of Virginia mallow (*Sida hermaphrodita Rusby*) and cup plant (*Silphium perfoliatum L.*) productivity, physico-mechanical properties and energy expenses. Energy 93 606-612.

[3] 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.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 243–244 (2017)

Auswirkungen unterschiedlicher Managementstrategien auf Ertrag und Bestandszusammensetzung des Grünlands in einem silvopastoralen Agroforstsystem

Sarah Malec, Rüdiger Graß und Michael Wachendorf

Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen.
E-Mail: *sarah.malec@uni-kassel.de*

Einleitung

Agroforstsysteme werden als multifunktionale Systeme beschrieben, die eine Reihe ökologischer und ökonomischer Ökosystemdienstleistungen fördern können. Durch eine gekoppelte Kultivierung von Bäumen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen können Synergieeffekte für ein verbessertes Pflanzenwachstum und ggf. eine erhöhte Rentabilität sowie eine erhöhte Artenvielfalt erzielt werden. Die in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse sind Teil einer 3-jährigen Studie (2015-2018) mit dem Ziel, eine agronomische und ökologische Bewertung eines silvopastoralen Agroforstsystems unter Berücksichtigung unterschiedlicher Managementstrategien des Grünlandes vorzunehmen. Dargestellt wird der Einfluss einer 2- und 3-Schnittnutzung auf den Biomasseertrag und die Bestandszusammensetzung von zwei unterschiedlichen Grünland-Ansaaten für das Untersuchungsjahr 2016.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem im März 2011 angelegten Agroforstsystem in Reiffenhausen, Landkreis Göttingen in Südniederachsen durchgeführt. Das Alley-Cropping-System besteht aus alternierenden 80 m langen Reihen von Weiden und Grünland in dreifacher Wiederholung. Zwischen den 9 m breiten Grünlandstreifen sind über eine Breite von 7 m Weiden ((*Salix viminalis x Salix Schwerinii) x Salix viminalis* = Zuechtung *Tora x Z. Ulv*) gepflanzt. Die Versuchsanlage erfolgte in einem randomisierten split-plot-Design. Die Gehölze der Kurzumtriebsplantagen (KUPs) wurden erstmals im Winter 2014/2015 gerodet, geplant ist eine Umtriebszeit von 3 Jahren.

Geprüft wird der Einfluss unterschiedlicher Nutzungsintensitäten (2-Schnitt- und 3-4-Schnittnutzung) und verschiedener Grünland-Ansaaten (Kleegras und eine Biodiversitätsmischung mit 32 Arten) auf die Biomasseerträge und -qualität des Grünlandes sowie der Anteil der funktionalen Pflanzengruppen (Leguminosen, Gräser und Kräuter). Die Beprobung erfolgte in Abhängigkeit von der Distanz zu den Bäumen entlang eines Transekts bestehend aus 5 Transektpunkten (TPs). Die TPs 1 und 5 liegen in den Randbereichen des Grünlandes zu den Bäumen jeweils 1 m von den KUP-Streifen entfernt und die übrigen TPs sind in gleichmäßig Abständen zwischen den beiden äußeren TPs verteilt.

Vergleichend wurde auf einem benachbarten Grünlandareal der standortübliche Biomasseertrag für alle Varianten ohne Beeinflussung durch Bäume erhoben.

Die Holzertragsschätzung der KUP-Streifen wurde mittels allometrischer Funktionen basierend auf dem Brusthöhendurchmesser (BHD) und dem Triebtrockengewicht durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Das Grünland der 3- Schnittnutzung im Agroforst erzielte 2016 einen Trockenmasse (TM) - Ertrag von 9 t/ha im Kleegras und 6,9 t/ha in der Diversitätsmischung. Bei der 2-Schnittnutzung war der Ertrag v.a. im Kleegras mit 6,3 t/ha und in der Diversität mit

6 t/ha niedriger (Abb. 1a). Im Vergleich dazu lag der standortübliche Grünlandertrag einer 3-Schnittnutzung bei 12,7 (± 2,5) t TM ha^{-1} im Kleegras und 9 (± 2,1) t TM ha^{-1} in der Diversität. In der 2-Schnittnutzung lag der Kleegrasertrag bei 8,9 (± 1,8) t TM ha^{-1} und die Diversität lieferte 10,7 (± 3,8) t TM ha^{-1}. In allen Treatments ist der Grünlandertrag im Agroforstsystem niedriger ist als der standortübliche Ertrag.

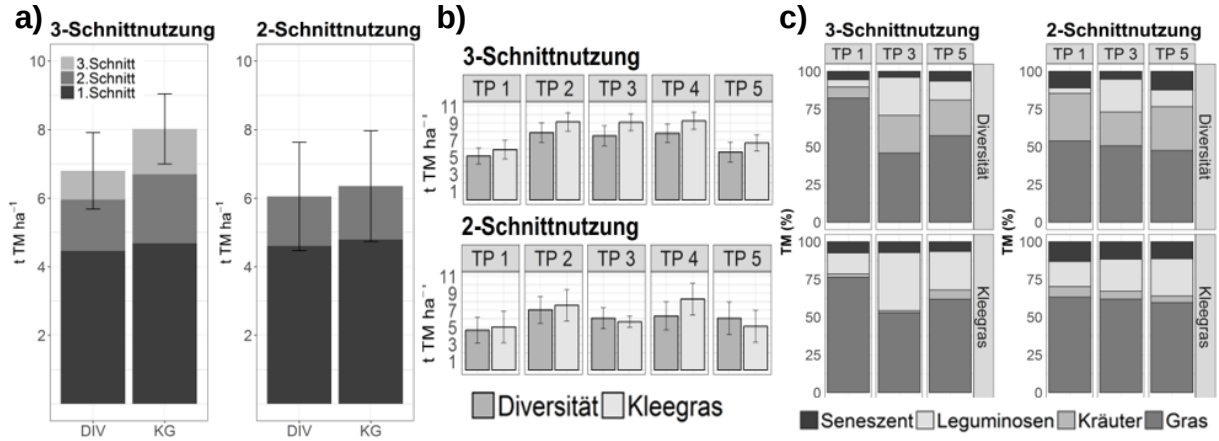


Abb. 1a) Biomasseerträge unterschiedlicher Grünlandansaaten (DIV=diversitätsorientierte Mischung; KG=Kleegras) und Nutzungsregime im Agroforstsystem, b) Biomasseerträge der unterschiedlichen Treatments entlang der TPs und c) Anteil der funktionalen Pflanzengruppen an ausgewählten TPs, Reiffenhausen 2016.

Die Grünlanderträge bei beiden Nutzungsregimen und unterschiedlichen Ansaaten nehmen im Randbereich zu den Bäumen (TP 1 und 5) ab (Abb. 1b). Gleichzeitig verändert sich die Bestandszusammensetzung des Grünlandes mit abnehmender Distanz zu den Bäumen (Abb. 1c). Besonders deutlich ist diese Veränderung in der 3-Schnittnutzung, in der eine Abnahme der Leguminosen und eine Zunahme der Gräser im Randbereich zu den Bäumen zu beobachten ist. Die Veränderung der Bestandszusammensetzung ist vermutlich auf die Beschattung des Grünlandes durch die Bäume zurückzuführen, was sich mit den Ergebnissen von Ehret et al. (2015) deckt, die zeigen, dass eine zunehmende Beschattung des Grünlandes zu einer Abnahme der Biomasseproduktion der Kräuter und Leguminosen führt.
Der Holzertrag der KUP-Streifen im zweiten Jahr der zweiten Rotation lag bei 15,7 t TM ha-1. In der ersten Rotation erzielten die KUP-Streifen auf Grund von starker Trockenheit während der Etablierung zu diesem Zeitpunkt einen vergleichsweise geringen Holzertrag von 10,8 t TM ha-1.

Danksagung

Besonderer Dank gilt dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Finanzierung des Projektes „SIGNAL“ („Sustainable Intensification of Agriculture through Agroforestry“).

Literatur

Ehret, M.; Graß, R.; Wachendorf, M. (2015): The effect of shade and shade material on white clover/perennial ryegrass mixtures for temperate agroforestry systems. In Agroforest Syst 89 (3), pp. 557–570. DOI: 10.1007/s10457-015-9791-0.

Ehret, M.; Graß, R.; Wachendorf, M. (2016): Productivity at the tree-crop interface of a young willow-grassland alley cropping system. In Agroforest Syst 88, p. 489. DOI: 10.1007/s10457-016-0015-z.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 245–246 (2017)

Effekte von Schatten in einem silvoarablen Agroforstsystem auf Entwicklung und Ertrag zweier Wintergetreide (Wintergerste und Winterweizen) mit unterschiedlicher Nutzungsrichtung

Vanessa S. Schulz[1], Sebastian Weisenburger[1], Sebastian Munz[2], Wilhelm Claupein[2] und Simone Graeff-Hönninger[2]

[1]LTZ Augustenberg, Referat 11, Nachwachsende Rohstoffe, Rheinstetten.
E-Mail: *vanessa.schulz@ltz.bwl.de*
[2]Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Hohenheim, Stuttgart.

Einleitung

Agroforstsysteme (AFS) waren in Deutschland einst weit verbreitet und prägten das Landschaftsbild maßgeblich. Im Zuge der Mechanisierung und Flurbereinigung verschwanden traditionellen Systeme, wie bspw. Streuobst in Süddeutschland, Windschutzhecken in Norddeutschland oder auch die Waldweide zunehmend. Das FNR-Projekt „Agro-Wertholz: Agroforstsysteme mit Mehrwert für Mensch und Umwelt“ zwischen dem Landwirtschaftlichen Technologiezentrum (LTZ) und den Lehrstühlen für Waldwachstum und Landespflege der Universität Freiburg soll AFS mit Bäumen zur Wertholzgewinnung in den Fokus rücken. Ein unerwünschter Nebeneffekt der Bäume auf die darunter etablierte landwirtschaftliche Kultur kann die Lichtreduktion durch den Schatten der Baumkrone sein. Um diesen Effekt zu ermitteln, wurde ein Versuch angelegt, welcher den Einfluss der Lichtreduktion durch Wertholzbäume auf Wachstum, Ertrag und Qualität von landwirtschaftlichen Kulturen quantifiziert.

Material und Methoden

In Rheinstetten-Forchheim (48° 58’ N; 8° 18’ E, 742 mm jährlicher Niederschlag, 10,1 °C durchschnittliche Temperatur, 1186 kWh m^{-2} jährliche solare Einstrahlung) wurde in den Jahren 2015-2017 in einer vollständig randomisierten Blockanlage mittels über der Kultur aufgespannten Netzen der Einfluss einer baumschatteninduzierten, verminderten solaren Einstrahlung um 12 %, 26 % und 50 % auf landwirtschaftliche Kulturen getestet. Die Lichtreduktionswerte entsprechen den Abständen von 4,5 m, 7,5 m, und 11 m zum Stamm einer 11 Jahre alten, auf vier Meter geasteten Kirsche ins Feld. Geprüft wurde die Auswirkung der Beschattung auf Wintergerste (*Hordeum vulgare* L., als Ganzpflanzensilage, GPS), Winterweizen (*Triticum aestivum* L., zur Kornnutzung), Silomais (*Zea mays* L.) und Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.). Die vorliegenden zweijährigen Ergebnisse beziehen sich auf die beiden Wintergetreidearten. Die Beschattung erfolgte nur in der laubtragenden Zeit der Bäume, um die Lichtverhältnisse in einem realen Agroforstsystem während der Wachstumsperiode zu simulieren. Die statistische Auswertung erfolgte mittels R durch ein lineares Model.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl Wintergerste als auch Winterweizen zeigten sich tolerant gegenüber der Lichtreduktion in ihrem Wachstumsverlauf. Erst ab einer Beschattung von 50 % kam es zu einem verspäteten Eintritt der phänologischen Entwicklungsstadien. Die Wintergerste zeigte im Wachstum signifikante Unterschiede in der maximalen Höhe zwischen der stärksten Beschattung (129 cm) und der Kontrolle (134 cm), sowie beim Blattflächenindex (LAI). Die stärkste Beschattung führte zu einem 32 %

niedrigeren LAI als in der Kontrolle. Der Trockenmasseertrag zeigte in beiden Jahren erst ab einer Beschattung von 50 % einen signifikanten Rückgang, welcher im Schnitt bei -35 % lag. Der Trockensubstanzgehalt war durch den Anstieg der Lichtreduktion verringert (Abb. 1 A). Winterweizen zeigte einen signifikanten Unterschied in der maximalen Höhe von 89,4 cm unter 50 % Beschattung, verglichen mit 86,2 cm in der Kontrolle. Beim maximalen LAI zeigte sich kein signifikanter Einfluss. Der Kornertrag des Winterweizens war stark vom jährlichen Witterungsverlauf abhängig. 2016 zeigte sich, dass in einem Jahr mit wechselhafter Witterung eine 50 % Beschattung verglichen mit der unbeschatteten Kontrolle die Abreife um bis zu 14 Tage verzögern kann. Der Kornertrag wurde durch die Beschattung verringert, jedoch stiegen die Rohproteingehalte an (Abb. 1 B). Dieser kann mit der beobachteten geringeren Anzahl an Ähren pro m² in Verbindung gebracht werden (r = -0,58, p ≤ 0,05). Eine erhöhte Bodenfeuchte, welche durch die Beschattung erreicht wird und die daraus resultierende schnellere Stickstoffmineralisation kann ebenfalls den Proteingehalt erhöhen (Lin et al., 2001).

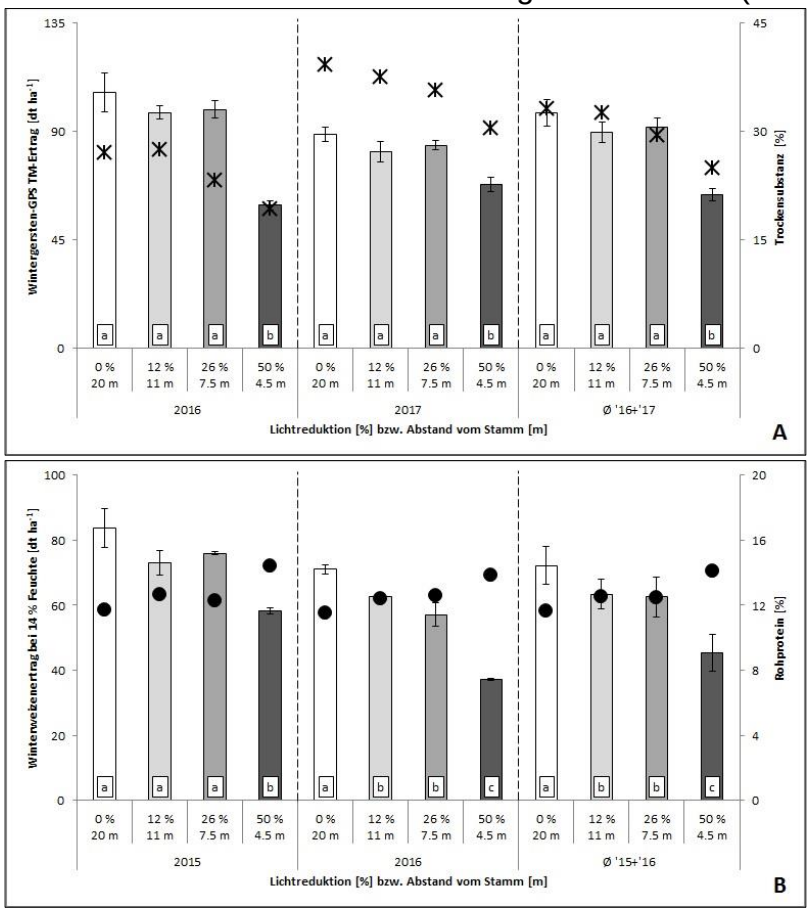


Abb. 1 (A) Trockenmasseertrag der Wintergersten-GPS [dt ha^{-1}] und Trockensubstanz (⚹) [%] und (B) Kornertrag bei 14 % Feuchte des Winterweizen [dt ha^{-1}] und der Rohproteingehalt (●) [%] in Abhängigkeit von der Lichtreduktion [%] bzw. der Entfernung vom Stamm [m]. Standardfehler als schwarze Balken. Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Ertragsunterschiede (LSD α = 5 %).

Literatur

Lin, C. H., McGraw, R. L., George, M. F., & Garrett, H. E. (2001). Nutritive quality and morphological development under partial shade of some forage species with agroforestry potential. *Agroforestry Systems, 53*, S. 269-281.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 247–248 (2017)

Erträge landwirtschaftlicher Feldfrüchte in einem Agroforstsystem zur Energieholzgewinnung im ersten Umtrieb im ökologischen Landbau

Andrea Winterling[1], Herbert Borchert[2] und Klaus Wiesinger[1]

[1] Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; [2] Bayerische Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft, Freising.
E-Mail: *andrea.winterling@lfl.bayern.de*

Einleitung

Ein Ziel des ökologischen Landbaus ist es, fossile Energie durch regenerative Energiequellen zu ersetzen. Aufgrund vielfältiger Umweltleistungen und hoher Energie-Effizienz eignet sich hier besonders der Anbau von Energieholz in Agroforstsystemen. Dabei werden schnellwachsende, zu Stockausschlag fähige Laubbaumarten streifenförmig in die Agrarfläche integriert. Dies kann eine positive Wirkung auf die landwirtschaftlichen Erträge haben und die Produktivität steigern (Mirck et al. 2016). Es kann aber auch zu einer Ertragsreduktion im Übergangsbereich zwischen Gehölz und Ackerkultur kommen, v. a. durch die Konkurrenz um Licht (Ehret 2015). Ein Kooperationsprojekt der beiden Bayerischen Landesanstalten für Landwirtschaft (LfL) und für Wald und Forstwirtschaft (LWF) beschäftigt sich seit 2009 mit der Entwicklung und Erprobung eines Agroforstsystems zur Energieholzgewinnung für den ökologischen Landbau. Eine zentrale Fragestellung des Projektes ist der Einfluss von mehrreihigen Gehölzstreifen zur Energieholzgewinnung auf den Ertrag der dazwischen angebauten landwirtschaftlichen Feldfrüchte unter südbayerischen Standortverhältnissen. In diesem Beitrag werden Ergebnisse zur Wirkung von Pappelstreifen in der ersten Umtriebszeit auf den Ertrag von Hafer, Winterweizen und Klee-Gras im Verlauf einer 7-jährigen Fruchtfolge dargestellt.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes wurde im April 2009 ein exakter Feldversuch in Form einer zweifaktoriellen Streifenanlage mit drei Wiederholungen angelegt. Versuchsstandort ist ein pfluglos wirtschaftender Biobetrieb in Pulling (Lkr. Freising, 48° 21' 43" N, 11° 42' 50" E, 450 m über NN, Pararendzina aus Flussmergel über Schotter, uL, Ackerzahl 54, pH 7,4, langjährige Mittel DWD 1981-2010: 819 mm, 8,6 °C). Quer zur Hauptwindrichtung wurden zwei Gehölzstreifen mit 30 bzw. 42,5 m Länge und den Pappelklonen 'Max 1' und 'Max 3' (7 Jahre Umtriebszeit) fünfreihig in einem Verband von 1,25 m x 1,5 m angepflanzt. Die 7-jährige Fruchtfolge während der ersten Umtriebszeit der Bäume bestand aus Hafer (HA), Winterweizen (WW), Klee-Gras-Gemenge (KG) (2-jähr., 4 Schnitte in 2011, 3 Schnitte in 2012), Hafer, Winterweizen und Hafer. Die Ertragserfassung bei den landwirtschaftlichen Kulturen erfolgte parzellenweise, in definierten Abständen zum Baumstreifen, beginnend 25 m vor (Luv) bis 60 m nach dem Energieholzstreifen (Lee) bzw. ohne Einfluss der Gehölze. Die Wuchsleistung der Baumstreifen wurde jährlich im Winter gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den über alle Parzellen gemittelten Ertrag der untersuchten Feldfrüchte für die Variante Agroforstsystem „mit Energieholzstreifen“ und die Referenz „ohne Energieholzstreifen“ sowie die Wuchshöhe des Energieholzes am Ende der jeweiligen Vegetationsperiode, jeweils bezogen auf einen Hektar der

landwirtschaftlichen Kultur. Im Anpflanzungsjahr der Gehölze war der Kornertrag bei Hafer in der Variante „mit Energieholzstreifen“ im Vergleich zur Variante „ohne Energieholzstreifen“ signifikant geringer. Mit zunehmender Wuchshöhe der Bäume glich sich ab dem zweiten Versuchsjahr der zu Versuchsbeginn zwischen den beiden Varianten festgestellte Ertragsunterschied aus. Für die restlichen Versuchsjahre (2010-2015) konnten bei allen drei getesteten Kulturarten keine signifikanten Ertragsunterschiede zwischen den beiden Varianten nachgewiesen werden.

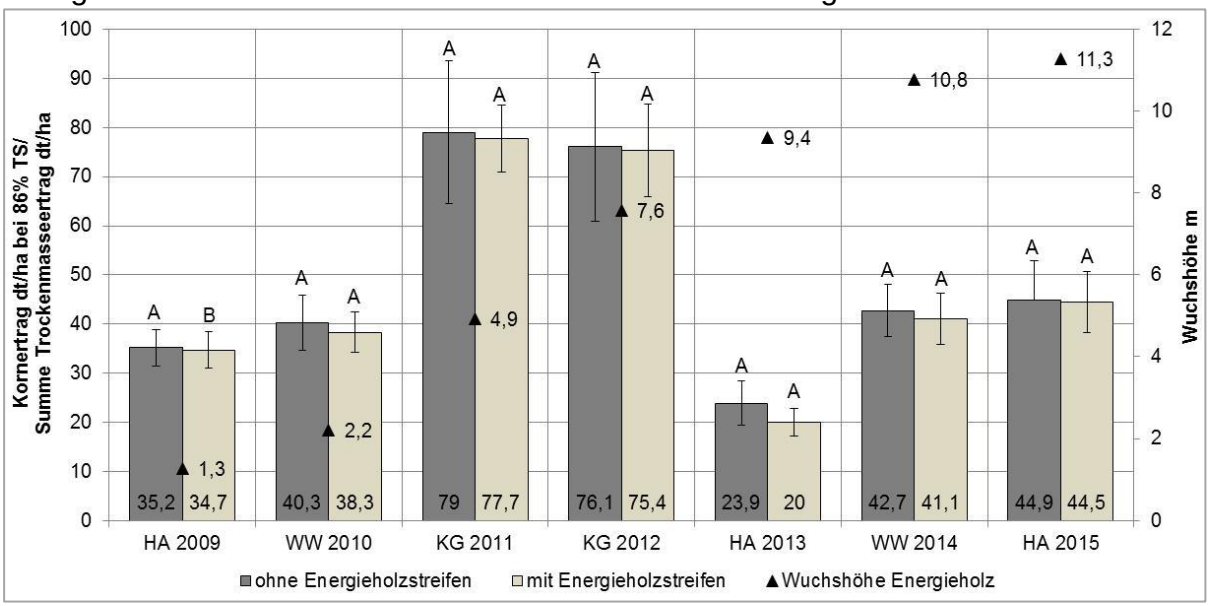


Abb. 1: Mittlerer Ertrag von Hafer, Winterweizen (Kornertrag bei 86 % TS) und Kleegras (Summe der Trockenmasseerträge über alle Schnitte) mit und ohne Einfluss des Energieholzstreifens. Verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), Fehlerbalken = Standardabweichung.

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass im Nahbereich der Gehölze beobachtete und vermutlich durch eine Konkurrenz um Licht verursachte Mindererträge (vgl. Ochsenbauer et al. 2013) durch eine Ertragssteigerung im weiter vom Gehölzstreifen entfernt liegenden Bereich kompensiert werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Anbau von Energieholz in Agroforstsystemen während der ersten Rotationsperiode der Bäume unter südbayerischen Standortverhältnissen zwar die räumliche Ertragsverteilung, nicht aber den Gesamtertrag der untersuchten Kulturen Hafer, Winterweizen und Kleegras beeinflusst.

Literatur

Ehret M (2015) Alley cropping of willows and grassland for bioenergy provision: productivity, tree crop interactions and energy balance. Dissertation. Universität Kassel, Witzenhausen.

Mirck J, Kanzler M, Böhm C (2017) Ertragsleistung eines Energieholz-Alley-Cropping-Systems. In: Böhm C (Hrsg.) Bäume in der Land(wirt)schaft – von der Theorie in die Praxis. Tagungsband 5. Forum Agroforstsysteme, 30.11/01.12.2016, Senftenberg.

Ochsenbauer M, Machl T, Maidl F-X, Schilcher M & Hülsbergen K-J (2013) Sensorgestützte Analyse der Ertragsvariabilität von Winterweizen in einem Agroforstsystem mit schnellwachsenden Gehölzen zur Bioenergieerzeugung. In: Pekrun C, Wachendorf M, Francke-Weltmann L (Hrsg.) Nachhaltige Erzeugung von nachwachsenden Rohstoffen. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften, Göttingen, 25:112-113.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 249–250 (2017)

Wuchsleistung von Pappel Max 3 und Weide Inger im zweiten Umtrieb eines Agroforstsystems

Florian Pointner und Lucie Chmelíková

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/Technische Universität München, Freising. E-Mail: *ga72zaz@tum.de*

Einleitung

Agroforstsysteme bieten die Möglichkeit, neben der landwirtschaftlichen Lebens- und Futtermittelproduktion, Biomasse aus erneuerbaren Energien bereitzustellen. Wichtige Parameter für die Holzbiomassebildung sind die Anzahl der Triebe, der bodennahe Stammdurchmesser sowie der Stammdurchmesser auf Brusthöhe und die Baumwuchshöhe. Schnellwachsende Baumarten, wie Pappel und Weide zeichnen sich durch unterschiedliche Aufwuchseigenschaften aus. Die Standortansprüche und Lebensstrategien beider Baumarten sind unterschiedlich, was sich auf gleichen Standorten in Wuchsleistung und Biomassebildung wiederspiegelt. Diese Untersuchung soll einen Einblick in die Entwicklungsstrategien von Pappel Max 3 und Weide Inger im zweiten Umtrieb geben.

Material und Methoden

Im Jahr 2009 wurden vier Agroforstsysteme (AFS) in Scheyern (48° 24′ N, 11° 45′ O) in Südbayern angelegt. Der Versuchsstandort liegt auf einer Höhe von 460 bis 490 ü. NHN und ist durch Braunerden aus geringmächtigen Lößauflagen und flachgründigen Braunerden mit sandig-kiesigem Unterboden, gekennzeichnet. Im langjährigen Mittel (1981-2010) ergibt sich eine Jahresdurchschnittstemperatur von 8,3°C und eine mittlere Niederschlagssumme von 887 mm. Jeweils zwei Schläge mit AFS (Winter 2012-13 erster Umtrieb) wurden ökologisch und konventionell bewirtschaftet. Jedes AFS bestand aus 3 Baumstreifen. Jeder Streifen wurde aus drei Doppelreihen mit 1,5 m Abstand zueinander gebildet. Zur Datenerhebung wurden jeweils 20 Bäume der mittleren Doppelreihe (20 Bäume in 3 Wdh.) auf einem ökologisch bewirtschafteten Schlag herangezogen. Von allen Trieben wurden die Durchmesser in 10 cm (SBD ≥ 0,8 cm) und in 130 cm Höhe, die Triebanzahl, sowie die Höhe (der dominanten Triebe) für Pappel Max 3 (*Populus maximowiczii x Populus nigra*) und Weide Inger (*Salix triandra x Salix viminalis*) erfasst. Die Daten wurden in den Jahren 2013 und 2015 erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Baumarten unterschieden sich in ihren Wuchsleistungen voneinander und zeigten zudem andere Entwicklungsstrategien. Im Jahr 2013 lagen die Wuchshöhen der Weide im Mittel höher (3,8 ± 0,4 m) als die Pappel (2,4 ± 0,6 m). Im Jahr 2015 erreichten die Pappeln eine Höhe von 7,1 ± 1,0 m erreicht und die Weiden lagen mit 6,7 ± 1,0 m dahinter. Ein ähnliches Bild zeigte sich bei der Betrachtung der Stammdurchmesser in 10 cm Höhe (Abb. 1). Mit 1,4 ± 0,5 cm hatten die Weiden 2013 im Gegensatz zu den Pappeln (1,3 ± 0,4 cm) einen größeren Durchmesser. Zwei Jahre später wiesen die Weiden einen Durchmesser von 1,9 ± 1,1 cm auf und die Pappeln waren 2,0 ± 1,3 cm dick. Huber et al. (2016) fanden für das Ende des ersten Umtriebs ähnliche Ergebnisse. Für den Durchmesser auf Brusthöhe (130 cm Höhe) wurde für das Jahr 2013 festgestellt, dass Weiden 1,0 ± 0,4 cm und Pappeln 0,6 ± 0,3 cm erreichen. Im Jahr 2015 gleichen sich Pappeln mit

1,5 ± 1,3 cm den Weiden mit 1,5 ± 1,0 cm an. Bei der durchschnittlichen Triebanzahl pro Baum zeigen sich die Eigenheiten der Baumarten, da Weiden ein Jahr nach der Ernte 8,2 ± 3,0 und Pappeln 5,2 ± 2,5 Triebe ausbilden. In 2015 wurde bei beiden Baumarten ein Rückgang der Triebanzahl festgehalten. Die Weiden kamen auf Werte von 7,1 ± 2,4 und die Pappeln auf Werte von 4,9 ± 2,3. Generell sind Weiden dafür bekannt, dass sie im Vergleich zu Pappeln mehr Triebe ausbilden können (Labrecque et Teodorescu 2005). Welche Biomasseunterschiede sich in den einzelnen Aufwuchsstadien der beiden Baumarten zueinander ergeben, muss noch festgestellt werden. Es ist, wie auch schon Wang et MacFarlane (2012) festgestellt haben, davon auszugehen, dass die Pappel der Weide in puncto Ertrag auf diesem Standort überlegen ist.

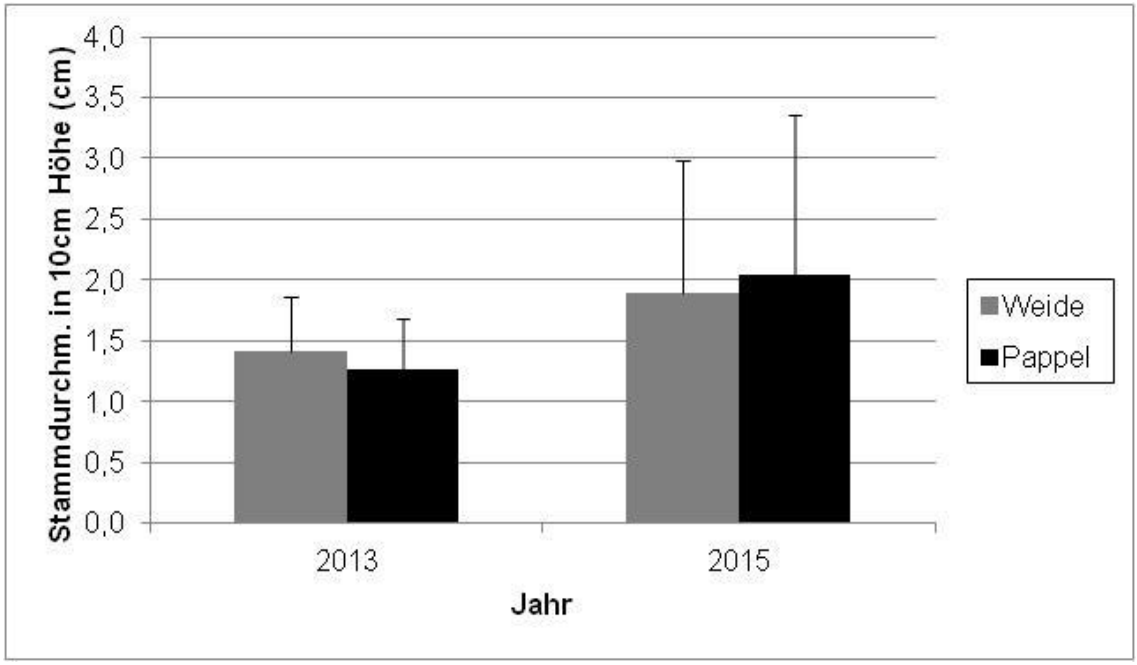


Abb. 1: Stammdurchmesser in 10cm Höhe von Weiden und Pappeln in den Jahren 2013 und 2015.

Literatur

Huber JA, May K, Siegl T, Schmid H, Gerl G, Hülsbergen K-J (2016) Yield potential of tree species in organic and conventional short-rotation agroforestry systems in southern Germany. Bioenergy Research 9: 955–968, doi: 10.1007/s12155-016-9750-2

Labrecque M, Teodorescu TI (2005) Field performance and biomass production of 12 willow and poplar clones in short-rotation coppice in southern Quebec (Canada). Biomass & Bioenergy 29: 1–9, doi: 10.1016/j.biombioe.2004.12.004

Wang ZL, MacFarlane DW (2012) Evaluating the biomass production of coppiced willow and poplar clones in Michigan, USA, over multiple rotations and different growing conditions. Biomass & Bioenergy 46: 380–388, doi: 10.1016/j.biombioe.2012.08.003

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 251–252 (2017)

Was tun für ein Comeback von Öllein (*Linum usitatissimum*) im Ökologischen Landbau?

Sabine Gruber[1], Sabine Zikeli[2], Sabine Karg[3], Axel Diederichsen[4] und Wilhelm Claupein[1]

[1] Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 340a/Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart; [2] Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 340d/Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart, [3] Institut für Prähistorische Archäologie/FU Berlin, 14195 Berlin, [4] Plant Gene Resources of Canada/Saskatoon, Kanada. E-Mail: *Sabine.Gruber@uni-hohenheim.de*

Einleitung

In ökologischen Fruchtfolgen des gemäßigten Klimas Mitteleuropas fehlen derzeit geeignete Ölpflanzen für einen größeren Anbau. Diese Lücke könnte Öllein (*Linum usitatissimum*) füllen. Ziel der Studie war, ein Spektrum verschiedener primitiver, traditioneller und moderner Genotypen von Lein jeglicher Nutzungsrichtung (Faser, Öl, Mischformen beider Nutzungen) gegenüber zu stellen, um ihr Potenzial für den Ökologischen Anbau zu beurteilen, und um Anforderungen an einen Lein-Ideotyp für den heutigen ökologischen Landbau zu definieren. Der Versuch stellt einen aktuellen Einstieg in vertiefende Forschung zu Lein für Ökologischen Landbau (ÖL) an der Universität Hohenheim dar.

Material und Methoden

Aus einer kanadischen Genbank in Saskatoon sowie von Züchtern und Anbauern aus Deutschland und den Niederlanden wurden insgesamt 33 Genotypen kanadischer und europäischer Herkunft der Art *L. usitatissimum* L. bezogen, die vier Konvarietäten des kultivierten Leins repräsentieren: *mediterraneum* (großsamiger Öllein), *crepitans* (Primitivform Springlein), *elongatum* (Faserlein) und *usitatissimum* (Kombinationsform). Damit wurde ein breites Spektrum an klassischen Öl- und Faserleinen sowie Kombinationsleinen und Primitivformen abgedeckt. Der Anbau erfolgte von April bis August 2016 auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften am Standort Kleinhohenheim (ökologisch bewirtschaftet) in Doppelreihen von je einem Meter Länge mit 100 Körner pro Reihe, bei einem Reihenabstand von 25 cm und in drei Wiederholungen. Die Genotypen wurden im Feld primär auf die Merkmale Pflanzenlänge, Wuchstyp, Höhe der ersten Verzweigung und Standfestigkeit geprüft. Nach der Ernte wurden bis jetzt die Kapselgröße, die Anzahl Samen/Kapsel und die Tausendkornmasse (TKM) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Durch den für Lein hier vergleichsweise weit bemessenen Standraum im Versuch sowie durch lückigen Feldaufgang des teils überlagerten Saatguts hatten die Einzelpflanzen die Möglichkeit, ihr genetisches Potenzial bezüglich Pflanzenlänge und Verzweigung mit nur wenig Beeinflussung durch die Bestandesdichte auszuschöpfen. Eine der Herkünfte war weißblühend, alle weiteren blaublühend; eine einzige Herkunft (conv. *mediterraneum*) zeigte starke Symptome einer nicht näher bestimmten Krankheit (nicht dargestellt). In allen geprüften Konvarietäten traten sowohl kurze/kompakte als auch lange Typen auf; tendenziell waren dabei die Genotypen der klassischen Ölleine (conv. *mediterraneum*) am kürzesten und zeigten vergleichsweise niedrigen Ansatz der ersten Verzweigung (Abb. 1). Genotypen der convar. *mediterraneum* wiesen eine durchweg hohe TKM von rund 9–13 g auf,

verglichen mit der TKM von 1–9 g bei den anderen geprüften Genotypen und den beiden modernen

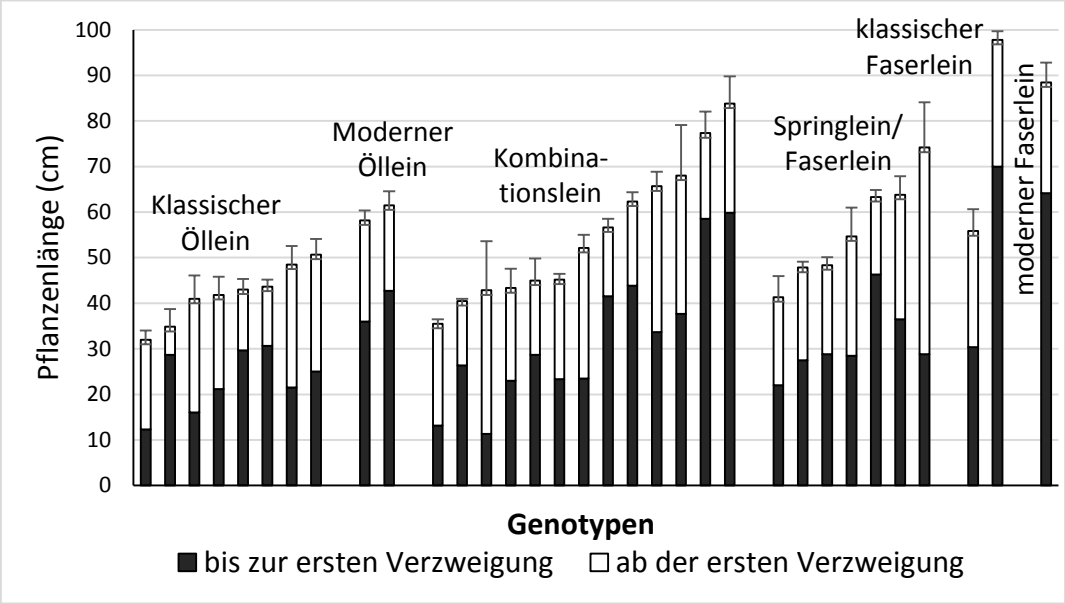


Abb. 1: Pflanzenlänge (gesamt sowie Höhe der ersten Verzweigung) von Lein (*Linum usitatissimum*) verschiedener alter und moderner Genotypen aus der kanadischen Genbank, angebaut 2016 auf der Versuchsstation Kleinhohenheim. Klassischer Öllein (convar. *mediterraneum*), moderner Öllein und Kombinationslein (convar. *usitatissimum*), Springlein/Faserlein (convar. *crepitans*), klassischer Faserlein (convar. *elongatum*), moderner Faserlein (convar. unbekannt).

Ölleinen mit einer TKM von rund 6 g. Grundsätzlich scheint *L. usitatissimum* für den Einsatz unter den Bedingungen des hiesigen ÖL geeignet. Die wegen der Selbstunverträglichkeit von Lein erforderliche lange Anbaupause passt gut zu den ohnehin weiten Fruchtfolgen im ÖL, ebenso das Fehlen verwandter Arten im Anbau. Lein könnte außerdem einen Beitrag zur Erhöhung der Diversität der Fruchtfolge leisten. Das im Durchschnitt der Rotation meist niedrige N-Niveau im ÖL kommen dem geringen N-Bedarf des Leins, seiner Standfestigkeit sowie der Vermeidung von hohen Gehalten an cyanogenen Glykosiden im Samen entgegen (Literaturübersicht siehe Klein et al. 2017). Besonders hervorzuheben ist, dass im Anbau von Lein in feucht-kühlen Regionen mit erhöhten Anteilen an gewünschten Omega-3-Fettsäuren im Samen zu rechnen ist (> 60 % 18:3 im Fettsäuremuster; Klein et al. 2017), so dass hier eine traditionelle Kulturpflanze mit hohem gesundheitlichen Wert gegenüber neuen „Superfoods“ an Bedeutung gewinnen kann und auch sollte. Es sind zwar moderne Ölleinsorten auf dem Markt, doch wäre es anhand der vorliegenden Ergebnisse für den Anbau im ÖL in Deutschland denkbar, auch auf geeignete alte Sortentypen oder andere Konvarietäten wie convar. *mediterraneum* zurückzugreifen, um die Sortenvielfalt zu bewahren und zu erhöhen. Der Versuch wird 2017 derzeit mit ausgewählten Genotypen in unterschiedlichen Bestandesdichten wiederholt, und die wertgebenden Inhaltsstoffe werden bestimmt.

Literatur

Klein, J., Zikeli, S., Claupein W., Gruber, S. (2017). Linseed (*Linum usitatissimum*) as an oil crop in organic farming: abiotic impacts on seed ingredients and yield. Organic Agriculture 7(1), 1-19, published online, DOI 10.1007/s13165-016-0146-6.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 253–254 (2017)

Einfluss des Ertragsniveaus auf die Morphologie der Rübe

Christa Hoffmann

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

Einleitung

Der Ertrag von Zuckerrüben ist in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich angestiegen. Neben anderen Merkmalen kann sich im Rahmen des Züchtungsfortschritts auch die Morphologie der Rübe verändert haben. Die letzten verfügbaren Informationen darüber stammen von Müller (1983). Die Rüben sind inzwischen größer geworden, es ist aber nicht klar, ob sich mit steigendem Ertragsniveau das Verhältnis von Durchmesser zu Masse und Länge der Rübe geändert hat. Dies sind wichtige Informationen für die maschinelle Ernte der Rüben. Daneben spielt der Durchmesser der Rübe und die Relation zum Ertrag eine bedeutende Rolle, wenn über eine teilflächenspezifische Ertragserfassung bei Zuckerrüben nachgedacht wird.
Die Untersuchungen hatten zum Ziel, Durchmesser und Länge der Rübe unter verschiedenen Umweltbedingungen in Beziehung zum Ertrag zu analysieren.

Material und Methoden

In die Untersuchungen wurden verschiedene Feld- und Gefäßversuche mit Zuckerrüben einbezogen, die unterschiedliche Sorten, Standorte, Aussaat- und Erntetermine, Umweltbedingungen und Wachstumsphasen umfassen (Hoffmann 2010, Hoffmann & Kluge-Severin 2010, 2011, Schnepel & Hoffmann, 2016). Dadurch wurde ein breiter Bereich an Rübendurchmessern und Erträgen abgedeckt.
Der Durchmesser wurde an der breitesten Stelle der Rübe gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass es eine sehr enge Beziehung zwischen dem Rübendurchmesser und dem Rübenertrag gibt (Abb. 1). Diese Beziehung ist nicht beeinflusst ist von unterschiedlichen Umweltbedingungen wie Standort und Jahr, da alle Werte auf der gleichen Regressionsgeraden liegen. Ferner veränderte der Züchtungsfortschritt diese Beziehung offenbar nicht, da sie nicht durch die unterschiedlichen Sorten beeinflusst war. Genauso hatte Trockenstress keinen Einfluss auf das Verhältnis zwischen Ertrag und Durchmesser der Rübe. Die Rüben waren zwar kleiner und hatten einen geringeren Ertrag unter Trockenstress, das Verhältnis zwischen Ertrag und Durchmesser war jedoch nicht beeinflusst. Das zeigt, dass Trockenstress das Wachstum der Rüben verzögert, aber nicht grundsätzlich verändert. Anhand des Durchmessers einer Rübe ist es somit möglich, auch unter unterschiedlichen Umweltbedingungen und bei verschiedenen Sorten auf den Ertrag zu schließen und eine Ertragsschätzung durchzuführen. Dabei wird die Beziehung bei höheren Erträgen jedoch weniger eng.
Obwohl die Wachstumsbedingungen im Gewächshaus in Töpfen sich deutlich von den Bedingungen im Feld unterscheiden, korrelierte das Verhältnis zwischen Rübenertrag und –durchmesser aus Gefäßversuchen eng mit Feldversuchsdaten. Das unterstreicht, dass die Beziehung zwischen Ertrag und Durchmesser bei Zuckerrüben sehr konstant und unabhängig von anderen Einflussfaktoren ist. Ferner ist dies ein Hinweis darauf, dass das Wachstum der Rüben in Gefäßversuchen gut vergleichbar ist mit „normalen“ Zuckerrüben vom Feld.

In den Feldversuchen wurden die Rüben nicht länger als 25 cm, selbst bei sehr hohem Ertragsniveau. Dies scheint aber keine genetische Begrenzung des Längenwachstums des Rübenkörpers zu sein, da im Gefäßversuch die Länge der Rübe mit dem Ertrag anstieg. Es ist zu vermuten, dass bei hohem Ertrag und damit großen Rüben der steigende Eindringwiderstand im Boden die weitere Ausdehnung des Rübendurchmessers begrenzt. So ist auch zu beobachten, dass Rüben bei hohem Ertragsniveau eine größere Scheitelhöhe aufweisen. Die Ertragsschätzung basierend auf dem Durchmesser wird daher ungenauer, wenn mit zunehmendem Ertragsniveau das Wachstum oberhalb der Bodenoberfläche stattfindet und sich nicht mehr im Durchmesser niederschlägt.

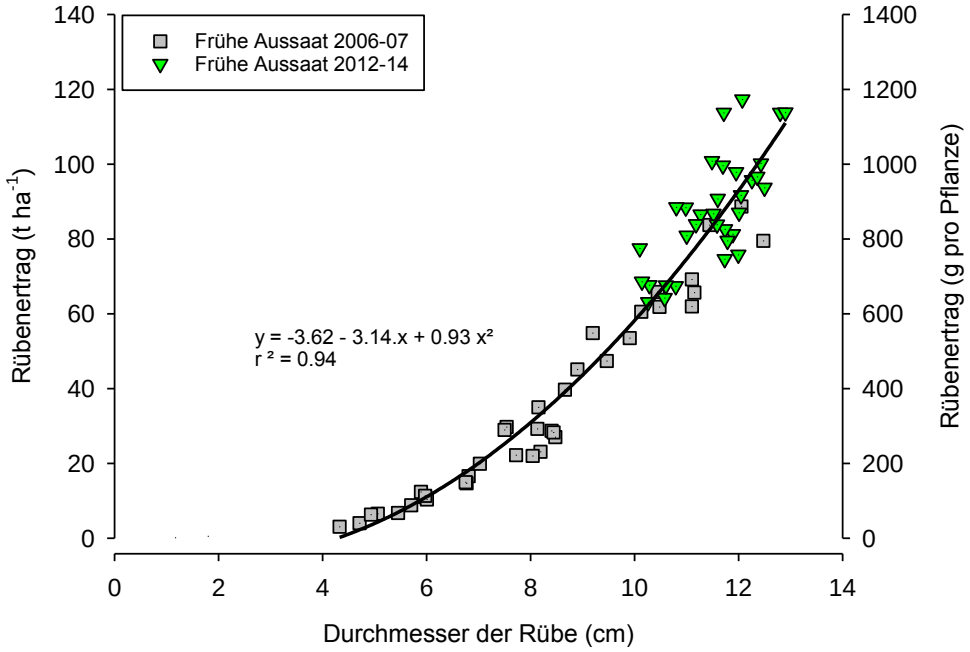


Abb. 1: Beziehung zwischen Rübenertrag und Durchmesser der Rübe. Feldversuche: (I) 3 Aussaattermine (Feb., März, April) mit 4 Ernteterminen an 2 Standorten, 2006 und 2007, (II) 3 Aussaattermine (März – April) mit 4 Ernteterminen an 2 Standorten, 2012 bis 2014, Mittel aus 2 Sorten

Literatur

Hoffmann, C.M. 2010: Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. J. Agron. Crop Sci. 196, 243-252.

Hoffmann, C.M., Kluge-Severin, S. 2010: Light absorption and radiation use efficiency of autumn and spring sown sugar beets. Field Crops Res. 119, 238-244.

Hoffmann, C.M., Kluge-Severin S. 2011: Growth analysis of autumn and spring sown sugar beet. Eur. J. Agron. 34, 1-9.

Müller, G. 1983: Ergebnisse der Züchtung diploider monocarper fertiler Zuckerrüben auf Rübenqualität und Möglichkeiten zu ihrer Verbesserung. Diss. Berlin, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, Berlin.

Schnepel, K., Hoffmann, C.M. 2016: Effect of Extending the Growing Period on Yield Formation of Sugar Beet. J. Agron. Crop Sci. 202, 530-541.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 255–256 (2017)

Erntequalität von Zuckerrüben – Bedeutung von Standort, Sorte und Abreinigungsintensität

Christa Hoffmann[1], Meik Engelhardt[2], Michael Gallmeier[3] und Michael Gruber[4]

[1] Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen; [2] Grimme Landmaschinenfabrik GmbH & Co. KG, Damme, [3] HOLMER Maschinenbau GmbH, Schierling/Eggmühl, [4] ROPA Fahrzeug- und Maschinenbau GmbH, Sittelsdorf.

Einleitung

Bei der Ernte müssen Zuckerrüben geköpft, gerodet und gereinigt werden. Auf unterschiedlichen Böden wird die Intensität der Abreinigung des Roders entsprechend angepasst, um den Erdanhang zu vermindern. Dies kann sich auch in Unterschieden bei der Köpfqualität und dem Ausmaß an Beschädigungen der Rüben auswirken. Zudem hat sich gezeigt, dass es bei Zuckerrüben Sortenunterschiede in der Empfindlichkeit gegenüber Beschädigungen gibt (Hoffmann & Schnepel 2016). Ziel der Untersuchungen war es zu analysieren, wie sich eine steigende Abreinigungsintensität bei der maschinellen Ernte auf Standorten mit unterschiedlicher Textur auf die Erntequalität von zwei Zuckerrübensorten auswirkt.

Material und Methoden

Anfang Oktober wurden zwei Sorten auf 4 Standorten 2015 und 2016 vollrandomisiert mit 2 Rodern und 3 Abreinigungsintensitäten in 3 Feldwiederholungen auf 200 m langen Parzellen geerntet. Die Abreinigungsintensität der Roder wurde als schonend, praxisüblich und aggressiv eingestellt. Die Einstellungen wurden bei Bedarf an den Standort angepasst (Ton16). Auf allen Standorten waren die Erntebedingungen (Bodenfeuchte) nahezu optimal. Als Vergleich diente eine beschädigungsarme Handernte. Nach der Ernte wurde der Durchmesser von Köpfschnitt und Wurzelspitze der Rüben gemessen, die oberflächliche Beschädigung bonitiert (0=keine, 3=viel) und die Köpfqualität (schräg geköpft, Blattreste) bestimmt (IIRB 2015). Der Erdanhang errechnet sich aus der Differenz zwischen gewaschenen und ungewaschenen Rüben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Erntequalität der Rüben war erheblich vom Standort beeinflusst, dabei schien das Jahr eine stärkere Rolle zu spielen als die Textur des Bodens. Der Erdanhang war bei Handernte ohne zusätzliche Abreinigung hoch und nahm bei maschineller Ernte mit steigender Abreinigungsintensität ab. Köpfschnitt, Anteil schräg geköpfter Rüben sowie Anteil an Rüben mit Blattresten waren nur wenig bzw. uneinheitlich von Standort, Sorte und Abreinigungsintensität beeinflusst. Dagegen gab es einen erheblichen Einfluss steigender Abreinigungsintensität auf die oberflächliche Beschädigung der Rüben und auf den Spitzenbruch (Abb. 2). Die Handernte verursachte auf allen Standorten die geringsten Beschädigungen. In Beschädigungen und Spitzenbruch gab es zudem deutliche Unterschiede zwischen den beiden Sorten. Auf allen Standorten und unabhängig von der Abreinigungsintensität wies Sorte2 sowohl stärkere Beschädigungen als auch höheren Spitzenbruch auf. Diese konstanten Unterschiede deuten darauf hin, dass Zuckerrübensorten eine unterschiedliche Empfindlichkeit gegenüber Verletzungen aufweisen. Als Ursache kann eine unterschiedliche Stabilität des Gewebes gegenüber mechanischer Belastung angenommen werden.

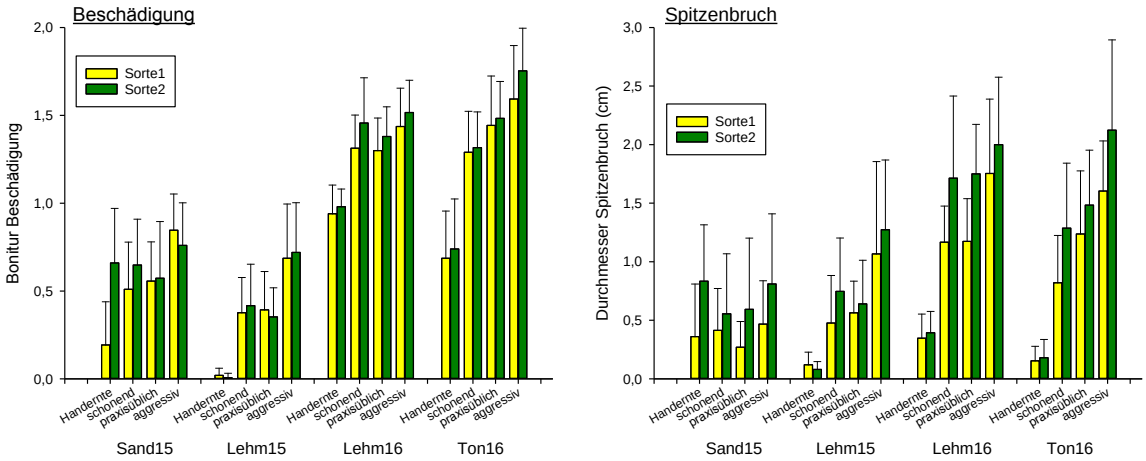


Abb. 2: Einfluss der Abreinigungsintensität (schonend, praxisüblich, aggressiv) auf die oberflächliche Beschädigung und den Spitzenbruch bei zwei Zuckerrübensorten auf 4 Standorten. Mittel von 2 Rodern, Handernte als Vergleich, 2015 und 2016

Trotz optimaler Erntebedingungen war ein deutlicher Einfluss des Standortes auf die Erntequalität, insbesondere auf Beschädigungen und Spitzenbruch, festzustellen. Dies war nicht auf die Einstellungen der Roder bei der Ernte zurückzuführen, da nur auf dem Tonstandort die Intensität der Einstellungen deutlich höher war als auf den anderen Standorten. Wegen der offensichtlichen Unterschiede zwischen den beiden Lehmstandorten können Unterschiede auch nicht auf der Textur des Bodens beruhen. Es ist anzunehmen, dass diese Effekte eher den Einfluss der Wachstumsbedingungen (Jahreswitterung) auf die Zusammensetzung und die Stabilität des Rübenkörpers widerspiegeln.
Die Ergebnisse zeigen ferner, dass eine steigende Abreinigungsintensität zwar den Erdanhang vermindert, zugleich aber zu einer erheblichen Zunahme der Beschädigung der Rüben führt. Da Verletzungen bei Zuckerrüben die Zuckerverluste bei der Lagerung deutlich erhöhen (Hoffmann & Schnepel 2016, Hoffmann et al. 2017), hat die Einstellung der Roder nicht nur eine große Bedeutung für die Erntequalität und Ernteverluste, sondern darüber hinaus auch für die Lagerungsverluste.

Literatur

Hoffmann, C.M., Engelhardt, M., Gallmeier, M., Gruber, M. 2017: Bedeutung von Erntetechnik und Sorte für die Lagerungsverluste von Zuckerrüben. Sugar Industry, 142, Sonderheft Göttinger Zuckerrübentagung.

Hoffmann, C.M., Schnepel, K. 2016: Susceptibility to root tip breakage increases storage losses of sugar beet genotypes. Sugar Industry 141, 625-632.

IIRB 2015: IIRB (2015): Test Procedures for Measuring the Quality in Sugar Beet Production - Seed Drillability, Precision Seeders, Harvesters, Cleaner Loaders. Ed. by P. Schulze Lammers, J.-P. Vandergeten, F. Tijink, C. Royer, 2nd Edition: J.-P. Vandergeten, J.P. Van der Linden, P. Jarvis, E. Leveque, D. Guiraud de Willot, K.-H. Kromer. 55 pages.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 257–258 (2017)

Reduktion der Kartoffelkäferpopulation durch Minimalbodenbearbeitung und Transfermulch

S. Junge[1], H. Saucke[1] und M.R. Finckh[1]

[1] Universität Kassel, Fachgebiet Pflanzenschutz / [2] Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213, Witzenhausen, Germany

Einleitung

Für viele Ackerbaubetriebe ist der Kartoffelbau aufgrund der steigenden Nachfrage heimischer, ökologisch produzierter Kartoffeln ein wichtiges Standbein. Der Kartoffelkäfer als bedeutendster tierische Schaderreger im Kartoffelbau tritt besonders im intensiv geführten Kartoffelbau auf. Er verursacht Schäden am Kraut, welche zu einem reduzierten Knollenwachstum, bis hin zum Totalausfall durch Kahlfraß führen kann (Radtke et al., 2000). Transfermulch besteht aus pflanzlichen Residuen wie Stroh, Rasenschnitt oder Kleegras, welcher maschinell oder händisch ausgebracht wird und von einer Geber- zu einer Nehmerfläche transferiert wird. Neben der verbesserten Wasserversorgung und Beikrautunterdrückung, wird von Praktikern der Effekt beschrieben, dass der Befall und die Schäden durch den Kartoffelkäfer in gemulchten Flächen stark abgeschwächt wird.

Material und Methoden

In einem Langzeit-Systemvergleich an der Universität Kassel/Witzenhausen in Neu-Eichenberg (51°22‘N 9°54‘E) wurde 2014 der Anbau von Kartoffeln (cv. Marabel) mit wendender Bodenbearbeitung versus reduzierte Bodenbearbeitung (Präzisionsgrubber WEco-Dyn) mit Transfermulchauflage verglichen. Weitere Faktoren waren die Vorfruchtwirkung verschiedener Zwischenfrüchte und die Applikation von Grüngutkompost. Die reduzierten Bodenbearbeitungsvarianten wurden kurz nach dem Auflaufen der Kartoffel mit einer 8-10 cm starken Mulchschicht aus Wintererbse-Roggengrünschnitt bedeckt. Die Parzellengröße betrug 6x15 m. Der Versuch ist als Split-Plot mit vier Wiederholungen angelegt. In allen 64 Parzellen wurden 50 Pflanzen auf Käfer, Larven, Eigelege und im späteren Verlauf der Vegetation auf Blattschäden untersucht. Für die statistische Auswertung wurde der Befall an den Grenzen der Varianten Pflug ohne Mulch und ReduzierteBodenbearbeitung mit Mulch verglichen. Da keine Normalverteilung vorlag und um den Einfluss der räumlichen Lage der Parzelle zu vermeiden, wurden Unterschiede gegenüber liegender Pflanzen mit dem verbundenen U-Test bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Initialbefall wurde durch den Mulch kaum beeinflusst (Abbildung 1 links). Dies legt nahe, dass eine olfaktorische oder visuelle Orientierung der adulten Tiere durch das organische Material unwahrscheinlich ist (vgl. Jermy et al., 1988). Allerdings wurden statistisch absicherbar weniger ($P<0,05$) Eigelege und Larven des Kartoffelkäfers in den gemulchten Varianten festgestellt (Abbildung 1). Einflussfaktoren für den Effekt könnte die veränderte Nährstoffversorgung der gemulchten Pflanzen darstellen, welche sich nach (Alyokhin et al., 2005) auf die Fruchtbarkeit der Weibchen und die Überlebensfähigkeit der Larven auswirkt. Es wurden außerdem nur in den gemulchten Varianten beschädigte Eiegelege festgestellt werden, was als Hinweis auf eine Prädation gewertet wurde. Auch die

räumliche Barriere welche durch den Mulch für Käfer und Larven entsteht (Szendrei et al., 2009) kann zu dem Effekt beigetragen haben.

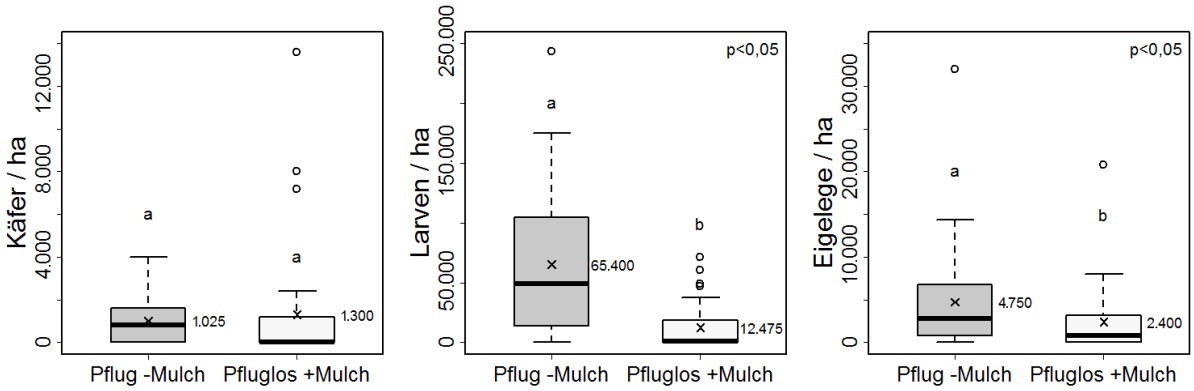


Abbildung 1: Unterschiede in der Populationszusammensetzung des Kartoffelkäfers am 17.06.2014, zur Kartoffelblüte. X markiert den Mittelwert, unterschiedliche Buchstaben bilden signifikante Unterschiede ab.

Der aus der Praxis bekannte Effekte einer Verminderung des Kartoffelkäferbefalls in gemulchten Kartoffelbeständen konnte in der Saison 2014 aber auch in Folgeversuchen 2015 und 2016 festgestellt werden. Unklar sind die Mechanismen hinter der Reduktion von Larven und Eigelegen, welche Gegenstand zukünftiger Feldexperimente sein werden.

Literatur

Alyokhin, A., Porter, G., Groden, E., Drummond, F., 2005. Colorado potato beetle response to soil amendments: a case in support of the mineral balance hypothesis? Agric. Ecosyst. Environ. 109, 234–244.

Jermy, T., Szentesi, Á., Horváth, J., 1988. Host plant finding in phytophagous insects: the case of the Colorado potato beetle. Entomol. Exp. Appl. 49, 83–98. doi:10.1111/j.1570-7458.1988.tb02480.x

Radtke, W., Rieckmann, W., Brendler, F., 2000. Kartoffel: Krankheiten - Schädlinge - Unkräuter. Mann, Gelsenkirchen.

Szendrei, Z., Kramer, M., Weber, D.C., 2009. Habitat manipulation in potato affects Colorado potato beetle dispersal. J. Appl. Entomol. 133, 711–719. doi:10.1111/j.1439-0418.2009.01429.x

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 259–260 (2017)

Biomasseertrag und Wirkung von acht Senfgenotypen auf die Populationsentwicklung von Rübenzystennematoden

Miroslaw Nowakowski, Pawel Skonieczek, Lukasz Matyka und Marcin Zurek

Abteilung Hackfruchtproduktion, Institut für Züchtung und Akklimatisation der Pflanzen (IHAR-PIB), Bydgoszcz, Polen. E-Mail: *m.nowakowski@ihar.bydgoszcz.pl*

Einleitung

In Polen und in vielen anderen europäischen Staaten haben die neuen Sorten von Senf und Őlrettich wirtschaftlich sehr an Bedeutung gewonnen, sowohl als alternative Őlpflanzen, als auch wertvolle Quelle der organischen Substanz und phytosanitärer Faktor im Boden (Nowakowski, 2014). Sie werden als Zwischenfrucht kultiviert, häufig in den Fruchfolgen mit Zuckerrüben oder Kartoffeln, im Rahmen des konventionellen Anbaus (als grüner Dünger) oder konservierender Bodenbearbeitung (als Mulch). Einige Sorten von Senf und Őlrettich weisen zusätzlich eine biologische Wirkung gegen Rübenzystennematoden auf. Durch den Anbau vom nematodenresistenten Senf oder/und Őlrettich und die Anwendung von nematodentoleranten Zuckerrübensorten ist die intensive Zuckerrübenproduktion in der Nähe von Zuckerfabriken und auf den Standorten mit relativ hohem Nematodenbesatz aktuell möglich (Daub und Westphal, 2012). Ziel der Arbeit war es, den Biomasseertrag und den Einfluss von einigen neuen Senfgenotypen auf die Populationsdichte von Rübenzystennematode im Boden zu untersuchen.

Material und Methoden

In den Jahren 2014 und 2015 wurde Feldversuch mit dem Zwischenfruchtanbau und fünf polnischen Linien von Weisem Senf, Typ Canola (PN-15/13, PN2-23/13, PN3-26/13, PN4-83/13 und PN5-96/13) auf dem Experimentstandort in Bydgoszcz (Polen) durchgeführt. Zur Kontrolle dienten drei Senfsorten: Nakielska (anfällig), Sirola (resistent; Resistenznote 3) und Warta (resistent gegen Rübenzystennematoden). Der Versuch wurde in vier Wiederholungen auf Schwarzerde mit mittel hohem Nematodenbesatz (1300-1700 Eier und Juvenilen pro 100 g Boden) angelegt. Die Zwischenfrüchte wurden in der ersten Augustwoche gesät und in der letzten Oktoberwoche geerntet. Zu dieser Zeit wurden auch von jeder Parzelle die Bodenproben (0-30 cm) entnommen, um die Anzahl Zysten und der darin enthaltenen Eier und Juvenile von *Heterodera schachtii* Schmidt zu bestimmen. Alle Zwischenfruchtvarianten wurden mit 50 kg N und 70 kg K pro ha gedüngt. Das oberirdische Pflanzenmaterial und Wurzeln wurden manuell geerntet und getrennt gewogen. Eine repräsentative Probe von Biomasse wurde zur Trockenmasse im Labor gehäkselt und getrocknet.

In 2015 die beschriebenen Experimenten wurden im Rahmen des mehrjährigen Versuchsprogramms von IHAR-PIB 2015-2020, Thema 2.7, durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Analyse von Mittelwert 2014-2015 zeigte, dass innerhalb der Gruppe von Senflinien die Linie PN5 den größten Frisch- und Trockenmasseertrag der Biomasse (entsprechend 31,8 t ha^{-1}, 4,32 t ha^{-1}) produzierte (Abb. 1). Diese Erträge waren ähnlich groß wie im Fall der Sorte Warta, aber dabei waren sie signifikant geringer, als bei Sorten Sirola und Nakielska ermittelt. Die Populationsdichte von *H. schachtii* wurde sehr effektiv durch den Anbau von der Linie PN4 reduziert (um 31,7%) (Abb.

2). Zwischen den anderen Senflinien waren die Unterschiede im Effekt des Zwischenfruchtanbaus auf den Nematodenbesatz nicht zu sichtbar. Die Nematodenreduktion nach dem Anbau von PN4 und Warta wurde auf dem gleichen Niveau festgestellt. Die beste Wirkung gegen Rübenzystennematoden wurde bei der Sorte Sirola registriert (Reduktion um 36,2%), dagegen die beträchtliche Vermehrung der Nematoden erfolgte durch den Anbau der Sorte Nakielska.

Die durchgeführten Versuche haben bewiesen, dass der Anbau von nematodenresistenten Sorten und einigen neuen Linien von Senf zur signifikanten Reduzierung der Nematodendichte im Boden führen kann. Der positive sanitäre Effekt der neuen Genotypen von Weißem Senf ist zu erwarten, wenn der Aufwuchs der Zwischenfrucht nicht zu gering wird (Hauer, 2015).

Literatur

Daub M., Westphal A. 2012: Integriertes Nematodenmanagement in Fruchtfolgesystemen mit Zuckerrüben. Sugar Industry 137: 110-119.

Hauer M. 2015. Catch crops and sugar beet variety types at *Heterodera schachtii* infested fields – nematode-host interactions and options for nematode control. Diss. Uni. Göttingen: 105 pp.

Nowakowski M. 2013. Usefulness of white mustard and oil radish as mulch, fertilizer and phytosanitary protection factor in sugar beet cultivation. Monografie i Rozprawy Naukowe IHAR-PIB, Radzikow 43/2014: 150 pp.

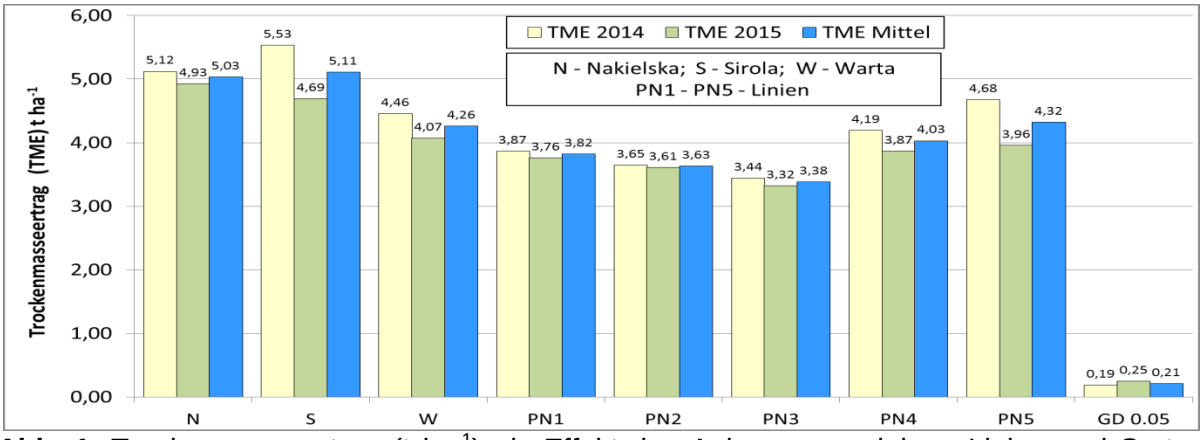


Abb. 1. Trockenmasseertrag (t ha^{-1}) als Effekt des Anbaus von einigen Linien und Sorten von Weißem Senf als Zwischenfrucht

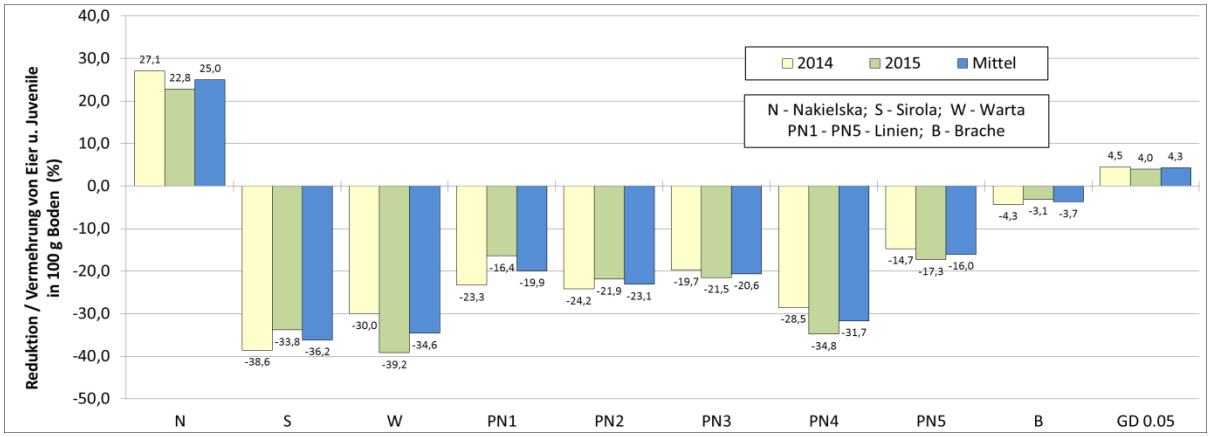


Abb. 2. Reduktion oder Vermehrung (%) von Eier und Juvenile (*Heterodera schachtii)* durch den Anbau von einigen Linien und Sorten von Weißem Senf als Zwischenfrucht

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 261–262 (2017)

The potential of fodder beet as a winter forage crop under the Egyptian agricultural system

Heba S.A. Salama and Mahmoud M. Zeid

Crop Science Department, Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt.
E-Mail: *heba1942001@yahoo.com*

Introduction

The chemical composition of fodder beet *(Beta vulgaris L.)* varies between cultivars, growing conditions, and even among shoots and roots of the plant. In Egypt, fodder beet is grown on a very limited scale in the winter season because it is thought to be of lower nutritive value to the preferred high protein berseem clover, dominating the acreage for animal feed. Thus, the forage potential of fodder beet, when grown under the Egyptian agricultural conditions, has not been fully investigated. The current study aimed to investigate the effect of three sowing dates and three ages at harvest on yield and digestibility of fodder beet grown with and without the application of boron.

Materials and Methods

A two-year field experiment was conducted at the experimental station of the Faculty of Agriculture, Alexandria University, Egypt, during 2014 and 2015 winter seasons. A split-split plot design with three replicates was used to investigate the response of yield and quality attributes of the fodder beet cultivar (Voroshenger) to three sowing dates; 15th September, 15th October and 15th November, three ages at harvest; after 120, 150 or 180 DAS (days after sowing) and one boron (B) foliar application (borax, 11.3% B) at the rate of 1.2 kg ha^{-1}, sprayed one month before harvesting compared to spraying with water. Fresh yield of roots and shoots per plot was determined at harvest. The concentrations of the fiber fractions (NDF, ADF and ADL) were determined sequentially using the semiautomatic ANKOM^{220} Fiber Analyzer. In vitro true digestibility (IVTD) and neutral detergent fiber digestibility (NDFD) were determined using the Ankom Daisy^{II} Incubator (ANKOM Technology, Macedon, NY, USA). Data were statistically analyzed using Proc Mixed of SAS 9.4 (SAS Institute, Inc., 2012).

Results and Discussion

Fresh total, root and shoot yields:

The maximum fresh, root and shoot yields were achieved when sowing was performed in mid-Sept. and mid-Oct. compared to the late sowing in mid-Nov. Recommendations of the Egyptian Ministry of Agriculture suggested that the crop could be grown from September to December, with October and November being the optimum dates. Our results indicated that under the conditions of Alexandria, delaying the sowing date to mid-Nov. has led to a significant reduction of about 53% in total fresh yield, nearly 57% in root yield and 48% in shoot yield as an average for both seasons. Maximum amount of total fresh yield achieved was 171 ton ha^{-1}, harvested 180 DAS at a fertilization rate of 100 kg P_2O_5 ha^{-1} and 120 kg N ha^{-1}. Similar yield was reported by Khogali *et al.* (2011) for the same cultivar under the same fertilization rates in Sudan. The effect of the boron foliar application was insignificant for the total fresh yield, root and shoot yields, in both seasons.

Root and Shoot fiber fractions and digestibility:

In response to the varying sowing and harvesting dates, it was observed (Table 1) that the highest significant values for the fiber fractions, for both roots and shoots, were scored for the earliest sowing date (mid-Sept.). Results seemed not to agree with Chakwizira *et al.* (2016), who indicated no effect for sowing date on the concentrations of the fiber fractions. Plants harvested at 180 DAS were also characterized by the highest significant values of root and shoot NDF, ADF, and ADL.

Concerning the digestibility measures (IVTD and NDFD) for fodder beet (data not shown), results indicated that the best IVTD and NDFD values for both roots and shoots, were observed when sowing in mid-Nov. and harvesting at 120 DAS without B application. Despite the observed decline in digestibility with later harvesting age, fodder beet showed excellent levels of fiber digestibility of 79% for IVTD and 60% for NDFD of roots and 73% for IVTD and 55% for NDFD of shoots for the early sown and late harvested plants. These values are quite satisfactory for quality of any forage crop. Fodder beet, generally, comprised less amounts of fibers (of any of the three fiber fractions) than other summer forage crops including forage cowpea, Sudan grass, and pearl millet (Salama and Zeid, 2016). It is, thus, recommended to encourage farmers to grow fodder beet in marginal areas, not competing with berseem clover, rather complementing it in critical periods of forage shortage. Furthermore, fodder beet is of high content of easily fermentable sugars that makes it a good source of energy for livestock, and together with berseem clover (a source of protein), they would supply animals with a more carbohydrate-protein balanced feed.

Table 1: Variations in the root and shoot NDF, ADF and ADL contents (g kg^{-1}) as affected by the sowing dates, age at harvest and boron application combined for both growing seasons.

Effect	Root			Shoot		
	NDF	ADF	ADL	NDF	ADF	ADL
Sowing date:						
Mid-Sept.	259.13 a*	132.77 a	30.50 a	363.60 a	182.14 a	34.74 a
Mid-Oct.	236.30 ab	115.25 b	29.38 b	340.12 b	166.41 b	33.26 a
Mid-Nov.	218.02 b	104.97 b	19.47 c	318.37 c	153.38 c	28.90 b
Age at harvest:						
120 DAS	209.87 b	105.35 b	20.11 c	316.69 b	158.76 b	28.48 c
150 DAS	228.79 b	112.25 b	22.30 b	333.78 b	162.21 b	33.07 b
180 DAS	274.97 a	135.41 a	36.93 a	371.62 a	180.96 a	35.36 a
Boron application:						
Control	240.75	120.35	26.53	346.33	171.14	32.62
Boron	234.99	114.98	26.36	335.06	163.48	31.98

* Means followed by different small letter(s) within the same column, for each studied parameter, are significantly different according to the L.S.D. test at 0.05 level of probability.

References

Chakwizira, E., J.M. de Ruiter, B. Malcolm, and S. Maley (2016). Winter growth and quality of fodder beet. A Plant & Food Research report prepared for: Seed Force. SPTS No. 12866. https://www.dairynz.co.nz/media/4298994/Winter_growth_and_quality_of_fodder_FINAL_WEB.pdf

Khogali, M.E., Y.M.I. Dagash, and M.G. El-Hag (2011). Productivity of fodder beet (*Beta vulgaris* var. *Crassa*) cultivars affected by nitrogen and plant spacing. Agric. Biol. J. North America 2:791-798.

Salama, H.S.A., and M.M.K. Zeid (2016). Hay quality evaluation of summer grass and legume forage monocultures and mixtures grown under irrigated conditions. Aust. J. Crop Sci. 10:1543-1550.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 263–264 (2017)

Eignung von Hacken zur Unkrautkontrolle in Raps

S. Schwabe, S. Gruber und W. Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 340a, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.
E-Mail: *Sebastian.Schwabe@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Nach langjährigen, vergleichsweise einseitigen Herbizidanwendungen und der damit einhergehenden Resistenzentwicklung bei Unkräutern sowie durch Bestrebungen hin zu einem integrierten landwirtschaftlichen Ansatz rücken alternative, nicht-chemische Methoden zur Unkrautkontrolle bei Raps in den Vordergrund. In einem Feldversuch wurde untersucht, in wieweit sich Hacken im Vergleich zu einer praxisüblichen Herbizidstrategie eignet, Unkraut zu bekämpfen und Ertragsleistungen zu sichern.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim wurde der Versuch am 27.08.2015 gesät. Es handelt sich dabei um einen Teilversuch einer größeren Versuchsanordnung mit zwei Faktoren: Bekämpfungsstrategie (Großteilstück) und Rapssorte (Kleinteilstück). Bei der Bekämpfungsstrategie kamen drei Varianten zum Einsatz: HER: betriebsübliche Herbizidstrategie ohne zusätzliches Hacken, HER+HA: betriebsübliche Herbizidstrategie mit zusätzlichem Hacken am 01.10.2015 zum BBCH 14 und am 18.03.2016 mit einsetzendem Vegetationsbeginn, HA: wie HER+HA aber ohne Herbizideinsatz. Als Rapssorten wurden zwei Winterrapssorten der Firma Dow verwendet. Der Versuch wurde als Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Saatdichte betrug 45 keimfähige Körner m^{-2} bei einem Reihenabstand von 24 cm. Die Stickstoffdüngung erfolgte am 15.03.2016 und 07.04.2016 mit jeweils 90 kg N ha^{-1} in Form von ASS. In den Varianten HER+HA und HER wurden folgende Herbizide appliziert: 2,5 l ha^{-1} Butisan® Gold (31.08.2015), 0,8 l ha^{-1} Agil®-S (08.10.2015). Variantenunabhängig wurden die Pflanzenschutzmittel 1,2 l ha^{-1} Tilmor® (26.10.2015), 0,2 l ha^{-1} Trebon® 30 EC + 0,7 l ha^{-1} Tilmor® (05.04.2016), 0,3 l ha^{-1} Biscaya® (11.06.2016) und 200g ha^{-1} Mospilan® SG (22.04.2016) angewendet. Erfasst wurden unter anderem die Unkrautdichte in Pflanzen m^{-2} mittels Göttinger Schätzrahmen (vier Mal pro Parzelle) am 18.04.2016 und der Kornertrag durch einen Parzellenmähdrescher. Die Ernte fand am 30.07.2016 statt.

Ergebnisse und Diskussion

Alleiniges Hacken von Rapsbeständen erreichte nicht die Effizienz einer praxisüblichen Herbizidstrategie. In den Varianten HER+HA (1,3 Pfl. m^{-2}) und HER (0,6 Pfl. m^{-2}) traten signifikant weniger Unkräuter auf als in HA (9,4 Pfl. m^{-2}; Abb. 1 A). Leitunkräuter waren *Thlaspi arvense* und *Stellaria media*. Im Kornertrag gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten, er lag zwischen 29,0 (HA) und 30,9 dt TM ha^{-1} (HER+HA; Abb 1 B).

Die annähernd gleich hohen Erträge in allen Varianten lassen einen geringen ertragswirksamen Einfluss der aufgefundenen Unkrautdichte im Versuch vermuten. Gleiche Kornerträge in den Varianten HER+HA und HER deuten darauf hin, dass die Effizienz des Bodenherbizids Butisan® Gold nicht durch Eingriffe in den Boden während des Hackvorgangs beeinträchtigt wurde.

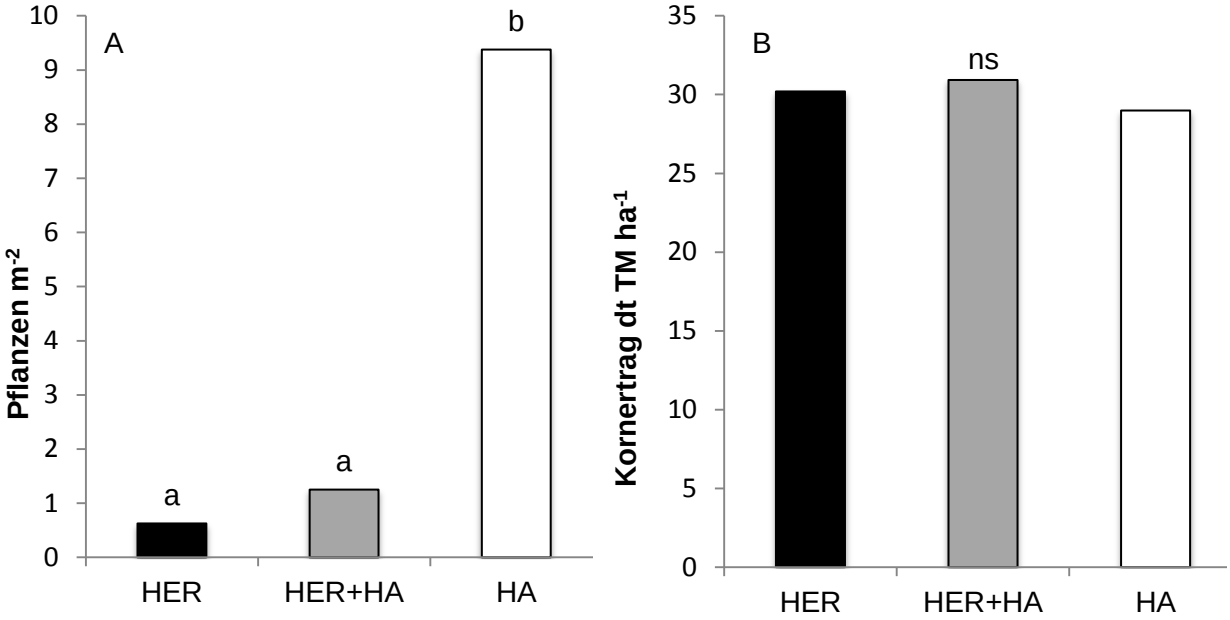


Abb.1: Unkrautpflanzen m^{-2} (A) und Kornertrag vorn Raps in dt TM ha^{-1} (B) in einem Rapsbestand in Abhängigkeit von der Bekämpfungsstrategie. HER: Anwendung einer betriebsüblichen Herbizidstrategie ohne Hacken, HER+HA: Hacken mit betriebsüblicher Herbizidstrategie, HA: Hacken ohne Herbizideinsatz. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant (α=0,05; t-Test). Unkrauterfassung: 18.04.2016; Ernte: 30.07.2016; Versuchsstation Ihinger Hof.

Zum einem ist Raps als Verzweigungen bildende Kulturpflanze relativ konkurrenzstark und zum anderen war der generelle Unkrautdruck auf der Fläche in Versuchsjahr möglicherweise zu gering, um sich im Ertrag niederzuschlagen. Dennoch sind die Ertragsergebnisse übereinstimmend mit vorhergehenden Untersuchungen von Irla (1994) und zeigen, dass ein Anbausystem mit ausschließlich mechanischer Unkrautkontrolle auch im Raps und im konventionellen Landbau eine gleichwertige Alternative zu etablierten Systemen darstellen kann. Der Versuch wird im Jahr 2017 wiederholt.

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. 29: 265–266 (2017)

Resistance of selected sugar beet genotypes to infection by *Rhizoctonia solani* AG 4

Pawel Skonieczek, Mirosław Nowakowski, Marcin Zurek and Lukasz Matyka

Plant Breeding and Acclimatization Institute – National Research Institute (PBAI-NRI), Research Division in Bydgoszcz, Powstancow Wlkp. 10, 85-090 Bydgoszcz, Poland.
E-mail: *p.skonieczek@ihar.bydgoszcz.pl*

Introduction

In plant production, significant losses are caused by *Rhizoctonia solani* (*R. solani*), a fungus found in the soil which causes serious diseases in many crops. Under conditions of increased participation in crop rotation of host plants, such as beets, maize, and oilseed rape, an accelerated pathogen development process is observed in the soil. With this, an increasing risk becomes evident on the part of the pathogen, especially for sugar beets during germination and during the second half of the vegetation season when it is the cause of root and crown rot. Over the past few years of monitoring the occurrence of this fungus in Poland by the present authors, within the framework of task 3.9. entitled, “Monitoring changes in the pathogenic abilities of fungi populations that cause beet root rot and damping off of beet seedlings” (which is included in the Long-term Programme PBAI-NRI 2015-2020), significant increased frequency of the fungus occurrence in beet plantations has been found (Skonieczek et al., 2016). The fungus is not sensitive to the fungicides used in EU countries and sugar beet farming has failed to produce many cultivars with effective resistance to this pathogen.

The aim of the laboratory experiments was to evaluate the resistance of different sugar beet genotypes to damping-off of beet seedlings caused by the *R. solani* fungus.

Material and Methods

Under controlled conditions of temperature, light, and humidity, the susceptibility of sugar beet cultivars and lines from 6 breeding companies to several *R. solani* isolates obtained in Poland (i.e. RS1, RS2, and LCH) were investigated. An analysis of anastomosis groups showed that the tested isolates belonged to AG 4. The study was conducted in the form of three tests covering 9 lines and cultivars of sugar beet resistant to *R. solani* (AN, HI1, HI2, IG, JE, PI, PR, SY4, SY6) and 9 non-resistant cultivars (AL, BO, HU, JG, JS, JW, LU, TA and TE). An artificial infection with isolates was made in phytopathological containers (Moliszewska, 2009) with water. Into sterile, double-folded blotting paper, placed between two plastic plates, sterilised seeds of selected sugar beet cultivars and lines, without coating, were introduced after which strips of PDA agar medium with an amplified *R. solani* isolate were added. The prepared containers were placed in a vegetation chamber where a constant temperature of 24°C was maintained and the daily cycle was 16 h of light and 8 h of darkness. The tests were replicated in 3 containers by sowing 100 seeds in each of them.

The results of the study were statistically analysed using variance analysis and the differences were verified by the Student's t-test, with a significance level of $p = 0.05$.

Results and Discussion

Among the tested cultivars and lines, the highest resistance to infection by the RS1 isolate was shown in JE (Disease Index = DI 81.7%) and TE (DI 87.2%) and, under the conditions of infection by the RS2 isolate, in JW (DI 55.0%), PR (DI 58.5%) and HI1 (DI 64.4%), while in the case of the LCH isolate, highest resistance was shown in JE (DI 23.9%), PI (DI 34.3%) and BO (DI 36.6%) (Table 1). Of the isolates tested, RS1 was the most pathogenic and the least infected plants were recorded after infection with the LCH isolate which, at the same time, caused the greatest variation in infection with respect to the genotypes tested. The JE cultivar with the declared resistance to *R. solani* was characterised by the lowest proportion of infected plants and DI after the application of the RS1 and LCH isolates. The severe infection caused by the isolates in reference to the seedlings of the tested genotypes, including those declared as resistant to *R. solani*, indicates a significant risk to sugar beet crops, especially in a simplified crop rotation with maize (Buhre, 2008).

Table 1: Testing the resistance of seedlings of selected sugar beet cultivars and lines to infection with isolates of *R. solani* RS1, RS2, and LCH; 2015

Cultivar, line	Share of infected seedlings (%)			Disease Index DI* (%)		
	RS1	RS2	LCH	RS1	RS2	LCH
AL	95.3	87.0	88.9	96.9	79.8	48.1
AN Rs	92.7	93.0	86.4	91.9	68.5	45.0
BO	98.0	87.0	68.5	98.0	69.0	36.6
HI 1 Rs	93.7	78.7	78.5	93.7	64.4	37.9
HI 2 Rs	92.3	90.7	86.3	92.1	80.6	46.6
HU	99.7	94.3	81.7	99.6	71.2	40.0
IG Rs	98.7	93.0	95.1	98.4	76.9	58.3
JE Rs	82.0	89.7	56.4	81.7	74.7	23.9
JG	96.7	89.0	83.6	96.5	79.0	40.7
JS	99.7	92.7	81.7	99.7	87.1	53.1
JW	95.7	60.0	83.8	95.7	55.0	49.9
LU	95.7	89.7	95.2	95.7	73.9	58.7
PI Rs	98.0	92.7	57.9	98.0	76.0	34.3
PR Rs	97.0	78.0	78.5	96.4	58.5	39.9
SY 4 Rs	95.7	90.0	87.0	95.7	69.6	41.7
SY 6 Rs	90.7	78.7	86.9	90.7	74.2	46.9
TA	96.7	85.0	90.2	96.6	76.2	46.6
TE	87.3	92.3	99.6	87.2	72.7	65.1
$LSD_{(0.05)}$	4.9	8.8	7.2	5.1	11.0	6.1

* Disease Index calculated according to the Townsend-Heuberger formula with the use of 0-4^{o} scale. 0^{o} - no infestation, 1^{o} - single spots, 2^{o} - 15-30% of damaged area, 3^{o} - 30-70% root infection, 4^{o} - > 70% of root infection; Rs - cultivar/line resistant to *R. solani*.

References

Buhre C. 2008. Einfluss von Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Sortenwahl und Zwischenfruchtanbau auf den Befall von Zuckerrüben mit *Rhizoctonia solani*. Diss., Uni. Göttingen: 137 pp.

Moliszewska E.B. 2009. The etiology of selected diseases of sugar-beet roots. Uniwersytet Opolski, Studia i Monografie, Nr 412: 131 pp. (in Polish)

Skonieczek P., Nowakowski M., Piszczek J., Zurek M., Matyka L. 2016. Influence of selected *Rhizoctonia solani* isolates on health of sugar beet seedlings. Journal of Plant Protection Research, 56 (2): 116–122.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 267–268 (2017)

Platzierte Düngung von Biogasgülle und Leguminosen-Pellets in ökologisch angebautem Winterraps

Guido Lux und Knut Schmidtke

Hochschule für Wirtschaft und Technik Dresden, Fakultät Landbau/Umwelt/Chemie, Fachgebiet Ökologischer Landbau, Pillnitzer Platz 2, 01326 Dresden; E-Mail: *luxg@htw-dresden.de*

Einleitung

Die Nachfrage nach ökologisch erzeugtem Rapsöl wird derzeit nur unzureichend aus heimischer Produktion gedeckt, weil die erzielten Kornerträge im ökologischen Rapsanbau häufig zu gering ausfallen Ursache hierfür kann vor allem eine unzureichende N-Versorgung in der vorwinterlichen Entwicklung des Rapses sein (Becker & Leitholt 2009). Diese muss in Summe aus der standorttypischen Mineralisierung von organisch gebundenem N im Boden, der Mineralisierung pflanzlicher Reste einer möglichst legumen Vorfrucht und bei Bedarf durch Düngung von Wirtschaftsdüngern mit hoher N-Verfügbarkeit im Jahr der Ausbringung (Jauche, Gülle, Gärreste aus Biogasanlagen) sichergestellt werden. Stehen keine eigenen Wirtschaftsdünger im Betrieb zur Verfügung, müssen alternative Düngemittel mit günstigen Eigenschaften (rasche N-Freisetzung, geringe technische Anforderungen an die Ausbringung) genutzt werden. In zweijährigen Feldversuchen wurde die Wirkung einer unterschiedlichen Platzierung im Boden von Leguminosen-grünmehlpellets aus Weißklee und von Biogasgülle vor der Saat von Winterraps hinsichtlich der vorwinterlichen N-Aufnahme, der Verunkrautung und des Korn- und Ölertrages im ökologischen Landbau untersucht.

Material und Methoden

In den Jahren 2015 und 2016 wurden an 2 Standorten in Sachsen (Großzöbern, 500 m ü. NN, Verwitterungsstandort, Bodenwertzahl 40 und Klappendorf, 130 m ü. NN, Lößlehm, Bodenwertzahl 75) faktorielle Feldversuche mit Düngung von jeweils betriebseigener Biogasgülle und extern erzeugten Leguminosen-Pellets angelegt. Die Düngemittel wurden in Form einer Unterfußdüngung (Ablagetiefe ca. 8 bis 10 cm) im Boden in drei Varianten abgelegt: in der Saatreihe, im Reihenzwischenraum und breit verteilt. Die Höhe der Düngung betrug 60 kg NH_4-N je Hektar mit der Biogasgülle (entspricht ca. 110 kg Gesamt-N) und 60 kg verfügbarer Stickstoff je Hektar aus den Leguminosen-Pellets (entspricht ca. 130 kg Gesamt-N). Die Düngung erfolgte unmittelbar vor Aussaat des Rapses (Sorte „Bender“), welcher mit 80 keimfähigen Körnern je m² mit einem Reihenabstand von 30 cm und einer Ablagetiefe der Samen von ca. 3 cm in Drillsaat ausgesät wurde (Sämaschine: Hege 80 mit Einscheiben-scharen). Die Unkrautregulierung im Raps erfolgte durch zweimaliges Hacken im Herbst. Erfasst und ausgewertet wurden u.a. die Bildung an oberirdischer Raps- und Unkrautbiomasse und die Stickstoffaufnahme des Rapses bis zum Beginn des Winters. Zum Zeitpunkt der Ernte wurde im Jahr 2016 der Kornertrag des Rapses (Parzellendrusch, Parzellenmähdrescher Typ Wintersteiger) und der Ölgehalt im Korn (NIRS-Analyse, Gerät: FOSS Infratec) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 ist die Spross-TM, der N-Gehalt, die N-Aufnahme und die Scheinbarer N-Ausnutzung des Rapses vor Winter der Jahre 2015 und 2016 an beiden

Versuchsstandorten dargestellt. Während am Standort Großzöbern hinsichtlich gebildeter Raps-Sprossmasse und N-Aufnahme in beiden Jahren vergleichbar hohe Werte zu verzeichnen waren, wurden am Standort Klappendorf sehr große Unterschiede zwischen den Jahren festgestellt. Die ermittelten jeweils signifikant höheren N-Gehalte im Spross des Rapses im Jahr 2015 in Verbindung mit hoher Sprossmasse und hoher N-Aufnahme lassen an beiden Standorten auf günstige Bedingungen für die Entwicklung der Rapspflanzen und eine hohe N-Freisetzung aus den Düngemittel schließen. Im Jahr 2016 hingegen bildete der Raps am Standort Klappendorf aufgrund eines ungünstigen Witterungsverlaufes nur etwa 27 % des Wertes an Spross-TM im Vergleich zum Vorjahr, was eine entsprechend geringe N-Aufnahme bedingte.

Tab.1: N-Aufnahme und scheinbare N-Ausnutzung der gedüngten N-Menge von Raps von August bis November 2015 und 2016 im Mittel der Düngevarianten

Standort	Jahr	Spross-TM [dt TM ha^{-1}]	N-Gehalt [% der TM]	N-Aufnahme [kg N ha^{-1}]	scheinbare N-Ausnutzung [%]
Großzöbern	2015	14,2 A	4,4 a	62,2 A	49 a
	2016	16,4 A	2,8 b	46,3 A	29 a
Klappendorf	2015	32,6 A	4,3 a	139,2 A	20
	2016	8,9 B	4,0 b	35,4 B	24

Der Vergleich der einzelnen Düngevarianten zeigte hinsichtlich der in Tab. 1 dargestellten Parameter vor allem in einzelnen Jahren signifikante Unterschiede. So wurden mit der Düngung von Leguminosen-Pellets und dabei vor allem mit der Ablage der Pellets in die Saatreihe des Rapses und in den Reihenzwischenraum die teils höchsten N-Aufnahmen im Vergleich zur Breitverteilung und im Vergleich zur Gülleapplikation erzielt. Im Jahr 2016 wurde am Standort Großzöbern eine scheinbare Ausnutzung des verfügbaren Stickstoffs durch den Raps von 42 % aus der Düngung mit Pellets in den Reihenzwischenraum im Vergleich zu einem Wert von 6 % nach Breitverteilung von Biogasgülle ermittelt. Die ermittelten Ergebnisse in den Untersuchungen zeigen einerseits, dass durch den Einsatz von Leguminosen-Pellets und deren gezielte Platzierung im Boden eine im Vergleich zu Biogasgülle gute, teils sogar bessere Nährstofffreisetzung für den Winterraps zu realisieren war. Dem gegenüber steht jedoch die hohe Abhängigkeit der Wirkung der eingesetzten organischen Düngemittel von den Standort- und Witterungsbedingungen in den Einzeljahren. Für den ersten Versuchszeitraum 2015/2016 wurden neben den genannten Parametern auch der Ölertrag als Produkt aus Kornertrag und Ölgehalt im Rapskorn ermittelt. Bei einem mittleren Ölgehalt von 55 % im Rapskorn und einem Ertragsniveau von 21 dt ha^{-1} (Großzöbern) und 31 dt ha^{-1} (Klappendorf) konnten nur am Standort Großzöbern deutliche Unterschiede im Vergleich der Düngevarianten ermittelt werden. So lag hier der Ölertrag in der Variante Pellets in der Saatreihe mit 1300 kg ha^{-1} signifikant über dem Wert der Kontrolle mit 840 kg ha^{-1}.

Literatur

Becker, K. & Leithold , G. (2009): Winterraps in der Fruchtfolge des Ökologischen Landbaus.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 269–270 (2017)

Unterschiede in der Phosphoreffizienz und Phosphoraneignung verschiedener *Solanum tuberosum* L. Genotypen aus *in vitro* und Knollen-Kultur

Katrin Wacker[1], Mareike Kavka[1], Klaus J. Dehmer[2], Bettina Eichler-Löbermann[1] und Ralf Uptmoor[1]

[1] Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock.
[2] IPK Genbank Groß Lüsewitzer Kartoffelsortimente, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Groß Lüsewitz.
E-Mail: *katrin.wacker@uni-rostock.de, mareike.kavka@uni-rostock.de*

Einleitung

Im Vergleich zu anderen Pflanzenarten ist bisher wenig über die Phosphoreffizienz der Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.) bekannt. Um Unterschiede in den Phosphoraneignungsmechanismen phosphoreffizienter und -nichteffizienter Kartoffelklone zu identifizieren, wurden verschiedene Genotypen aus *in vitro* Kultur und aus Knollen unterschiedlichen Phosphordüngestrategien ausgesetzt und hinsichtlich verschiedener Parameter (P-Aufnahme- und P-Nutzungseffizienz) verglichen.

Material und Methoden

Das verwendete Pflanzenmaterial, welches durch die IPK Genbank Groß Lüsewitzer Kartoffelsortimente zur Verfügung gestellt wurde, bestand jeweils aus vier Kartoffelgenotypen in Form von Knollen- und *in vitro*-Kultur, die in einem Vorversuch als P effizient und nicht effizient anhand ihrer P-Aneignung unter hoher und niedriger P-Versorgung bewertet wurden. Die Genotypen wurden mit verschiedenen P-Versorgungsstufen in Gefäßen mit einem Sand/Boden-Gemisch angebaut.

Knollen von Amsel und Paterson´s Victoria als effiziente und Gesa und Weinberger Schloßkipfler als nicht effiziente Sorten wurden in mit 6 kg Boden gefüllte Mitscherlich-Gefäße gepflanzt und mit Kaliumhydrogenphosphat (Pi, 8,4 mg P/Topf) und Kalziumphytat (Po, 7 mg P/Topf) gedüngt. Der P_{dl}-Gehalt des Bodens betrug zu Versuchsbeginn vor der Düngung 18,74 mg kg^{-1}.

In vitro-Pflanzen der Sorten Amsel und Prince Edward als effiziente und Fransen und Russet Burbank als nicht effiziente Sorten wurden in 3 l-Gefäße gepflanzt, deren Sand/Boden-Gemisch zusätzlich zu einer Behandlung ohne weitere P Gabe (P0) mit zwei Stufen P (30 [L] und 60 mg kg^{-1} [H]) aus Kaliumhydrogenphosphat (Pi) und Kalziumphytat (Po) gedüngt wurde. Dies resultierte in pflanzenverfügbare P Gehalte (P_{dl}) zu Beginn des Versuchs von 47,8 (LPi), 83,2 (HPi), 21,0 (LPo), 21,2 (HPo) und 13,6 (P0) mg P_{dl} kg^{-1} Boden.

Beide Versuche wurden hinsichtlich verschiedener Pflanzen- und Bodenparameter analysiert. Hierzu zählten u.a. die Bestimmung des pflanzenverfügbaren Phosphats im Boden (modifiziert nach Riehm, 1948) sowie die Aktivität saurer Phosphatasen im Boden (Tabatabei und Bremner, 1969).

Ergebnisse und Diskussion

Saure Phosphatasen, die von den Wurzeln ausgeschieden werden, sind eine wichtige pflanzliche Methode für die Phosphoraneignung, denn Phosphatasen spalten pflanzenverfügbares Phosphat von organischen Phosphatverbindungen ab. Allerdings zeigten sowohl die als P effizient als auch die als nicht effizient eingestuften Kartoffelgenotypen aus Knollen hinsichtlich der Aktivität saurer Phosphatasen im Boden ein ähnliches Verhalten bei Düngung mit Pi und Po (um die 150 µg p-Nitrophenol pro Gramm Bodentrockensubstanz und Stunde). Die geringen Unterschiede zwischen den Düngevarianten ließen sich auf Unterschiede in der Gesamtwurzeloberfläche zurückführen, aber keine Unterscheidung zwischen effizienten und nicht effizienten Genotypen zu.
Gene für saure Phosphatasen werden vorwiegend in Wurzeln und bei P-Mangel verstärkt exprimiert. Außer bei dem nicht effizienten Genotypen Weinberger Schloßkipfler war die Expression der Phosphatasegene in den Wurzeln bei organischer P-Düngung höher als bei anorganischer P Düngung.

Da anhand dieser Ergebnisse nicht eindeutig festgestellt werden konnte, ob die Phosphoreffizienz zum Teil durch Unterschiede in der Phosphataseausscheidung bestimmt wird, wurden effiziente und nicht effiziente Kartoffelgenotypen aus *in vitro*-Kultur – um eine mögliche P-Versorgung aus der Knolle zu vermeiden – in mehrere Düngestufen gepflanzt. Es zeigten sich keine Unterschiede zwischen effizienten und nicht effizienten Genotypen in der Trockenmasse und im P_{dl}-Gehalt des Bodens nach sechs Wochen Wachstum. Die Biomasse aller Genotypen war nicht verschieden zwischen der Düngung mit Phytat (beide Stufen) und ohne Düngung; im Vergleich zur Düngung mit Phosphat (beide Stufen) war sie jedoch signifikant reduziert. Weitere Untersuchungen zur Phosphoraufnahme in die Pflanze stehen noch aus. Diese Daten werden zeigen, ob es Unterschiede in der P-Aneignungseffizienz zwischen den als verschieden effizient klassifizierten Genotypen unter den beschriebenen Versuchsbedingungen gab und ob Kartoffelpflanzen in der Lage sind, P aus Phytat zu nutzen.

Dies ist ein durch den Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung Rostock gefördertes Projekt

Literatur

Riehm, H. (1948): Arbeitsvorschrift zur Bestimmung der Phosphorsäure und des Kaliums nach lactatverfahren. Z. Pflanzenernährung. Düng. Bodenk. 40, 152-156.

Tabatabai, M.A.; Bremner, J. M. (1969): Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. Soil Biol. Biochem. 1, 301-307.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 271–272 (2017)

Selbsterntegärten in Deutschland: was bewegt Anbieter und Nutzer zum Mitmachen?

Martin Gauder[1], Heinrich Hagel[2], Nadine Gollmann[2], Joachim Stängle[2], Reiner Doluschitz[2] und Wilhelm Claupein[1]

[1] Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart; [2] Institut für Landwirtschaftliche Betriebslehre, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.
E-Mail: *gauder@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Westeuropäische Städte befinden sich seit vielen Jahren im Prozess der baulichen Verdichtung und beinhalten oftmals nur sehr geringe Flächenanteile die landwirtschaftlich oder nutzgärtnerisch bewirtschaftet werden. Jedoch lassen sich seit wenigen Jahren verstärkt Aktivitäten beobachten, die die landwirtschaftliche Urproduktion für Stadtbewohner erlebbar machen und ein Mitwirken ermöglichen.

Diese Initiativen lassen sich unter dem Oberbegriff „Urban Farming“ in verschiedene Konzepte gruppieren. Eines davon ist der „Selbsterntegarten“, der regional unter anderen Namen, wie „Saisongarten“ oder „Krautgarten“ bekannt ist. Gemein ist allen, dass den Nutzern eine Parzelle mit verschiedenen Gemüsearten, gegen eine Gebühr, für eine Wachstumsperiode bereitgestellt wird. Die Parzellen sind Teil eines kleinen Feldes, welches von den Betreibern vorbereitet und mit Wasservorräten und Gartengeräten ausgestattet wird. Die Nutzer pflegen und ernten die Kulturen auf ihrer Parzelle und bekommen darüber hinaus Anbauhinweise.

Ziel dieser Arbeit war es, zu ergründen was Anbieter und Nutzer solcher Konzepte charakterisiert und was deren Motivationsgründe sind. Zu diesem Zweck wurde eine deutschlandweite Onlineumfrage unter den Nutzern der Selbsterntegärten durchgeführt, sowie mit den Betreibern Experteninterviews geführt.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurde eine Onlineumfrage erstellt, welche auf 10 Seiten Fragen zu den folgenden Themenkomplexen beinhaltete: gärtnerische Erfahrung, Konsumverhalten, sozialer Hintergrund, Teilnahmegründe, Zufriedenheit. Die meisten Fragen waren in Form einer vierstufigen Likert-Skala aufgebaut, bei denen die Teilnehmer zwischen „Trifft zu“, „trifft eher zu“, „trifft eher nicht zu“ und „trifft nicht zu“ wählen konnten. Einige Fragen erlaubten eine offene Antwort oder waren als „ja-nein-Fragen“ konzipiert. Der Verweis zur Umfrage wurde an 95 Betreiber von Selbsterntegärten versendet, mit der Bitte um Weitergabe an die Nutzer. Ziel war es möglichst viele Selbsterntegärten bundesweit zu erreichen. Nur vollständig ausgefüllte Fragebögen wurden in die Auswertung (SPSS 23, IBM) einbezogen.

Parallel wurde eine Expertenbefragung mit Betreibern der Selbsterntegärten durchgeführt. Die Fragen waren vorgefertigt und behandelten die folgenden Themenkomplexe: Charakterisierung der Nutzer, Erfolgsfaktoren für Selbsterntegärten, Probleme im Betrieb der Gärten, Ökonomische Bewertung und Selbstcharakterisierung. Die Befragung dauerte im Mittel jeweils 30 Minuten. Die Antworten wurden nach der induktiven Methode Kategorien zugeordnet um sie auswertbar zu machen (Mey und Mruck, 2010).

Ergebnisse und Diskussion

Die Onlineumfrage wurde von 173 Nutzern vollständig beantwortet. Die Nutzer verteilten sich auf 66 Städte in 9 Bundesländern. 38 Experten beantworteten die Fragen im Experteninterview, 22 von ihnen waren in den Verbünden tegut, meine Ernte, Ackerhelden und Münchner Krautgärten organisiert. 16 Experten waren eigenständig organisiert. Vor dem Hintergrund, dass 95 Gärten recherchiert wurden, lässt sich von einem verhältnismäßig großen Stichprobenumfang ausgehen.

In der Nutzerumfrage stach der hohe Anteil an Frauen heraus (75 %), sowie der hohe Anteil an Nutzern mit akademischen Abschlüssen (62 %). Die Nutzer schätzten ihre Ausgaben für Lebensmittel als überdurchschnittlich hoch ein (78 %), gleichermaßen viel der hohe Anteil an Vegetariern auf (44 %). Die wichtigsten Motivationsgründe waren das Wissen um die Herkunft der Nahrungsmittel und die „Gesundheit“ dieser. Weiterhin wurde das Erlernen von Selbstversorgungsmethoden von 80 % der Nutzer als motivierend angesehen.

Die Anbieter der Gärten waren zum Großteil Vollerwerbslandwirte (58 %). Die ökonomische Tragfähigkeit der Projekte erscheint schwierig. So gaben die Anbieter zum Teil an keine Gewinnerzielungsabsichten mit den Projekten zu haben (15 %); andere sahen eine Kostendeckung nur ohne die Anrechnung der eigenen Arbeitszeit (30 %). Viele Anbieter rechnen sich synergistische Effekte mit ihren Hofläden aus (44 %), dem Verkauf von Samen und Pflanzen (15 %) oder ihrem Hofcafé (12 %).

Das Konzept scheint vor Allem ökologisch wirtschaftende Betriebe anzusprechen, da ein Großteil der Anbieter solch einen bewirtschaftete (82 %).

Im Mittel waren die angebotenen Parzellen 54 m² groß, die Pacht betrug 3,3 € / m²; der Median der Nutzer pro Standort lag bei 56 (Abb. 1). Wichtigste Erfolgsfaktoren waren aus Anbietersicht die gute Erreichbarkeit, eine kompetente Beratung und erfolgreiche Werbung.

Die Projekte scheinen einen Zeitgeist anzusprechen, es kristallisierte sich heraus, dass nicht die Produktion von günstigen Nahrungsmitteln für die Nutzer im Mittelpunkt steht, sondern der gesunde und nachhaltige Lebensstil von vielen aktiv gelebt werden möchte.

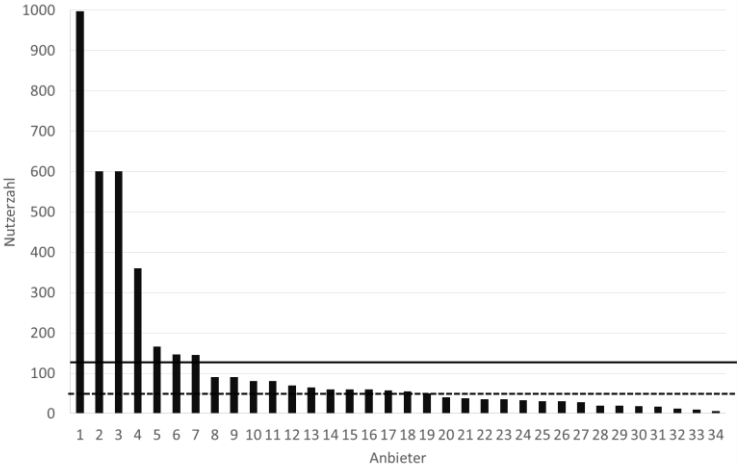


Abb. 1: Anzahl der Nutzer pro Standort (Ein Balkon pro Standort n=34), die schwarze Linie kennzeichnet den Mittelwert (124), die gestrichelte Linie den Median (56).

Literatur

Mey, G., Mruck, K. (2010). Handbuch qualitative Forschung in der Psychologie. Wiesbaden: VS Verlag für Sozialwissenschaften.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 273–274 (2017)

Blatterträge und phänotypische Charakterisierung eines Sortimentes unterschiedlicher Minze-Arten und -Akzessionen

Kathrin Göbel, Lena Hartert und Bernd Honermeier[1]

[1] Professur für Pflanzenbau, BFS (Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg), Justus-Liebig-Universität, Gießen; E-Mail: *Kathrin.Goebel@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Minze-Arten (*Mentha* sp.) zählen zu den wichtigsten Ätherisch-Öl-haltigen Arznei- und Gewürzpflanzen, die weltweit und in Deutschland kultiviert und genutzt werden. Neben der Pfefferminze (*Mentha* x *piperita* L.), sind auch die Grüne Minze (*Mentha* x *spicata* L. var. *crispa*), die Ackerminze (*Mentha arvensis* L.) und die Rundblättrige Minze (*Mentha suaveolens* Ehrh.) von Bedeutung. Innerhalb dieser Arten existieren zahlreiche Varietäten mit abweichenden phänotypischen und chemischen Merkmalen sowie unterschiedlichen agronomischen Eigenschaften.

Ursachen für die große Vielfalt an Minze-Arten und -Varietäten sind spezifische Bastardierungen, die zwischen einzelnen Mentha-Arten stattgefunden haben. Daneben hat die Selektion von bestimmten Varietäten und Sortengruppen, die in den vergangenen Jahren innerhalb der Arten vorgenommen wurde, zur Vergrößerung der biologischen Vielfalt beigetragen.

Für die züchterische Bearbeitung und Kultivierung der Minze sind genaue Kenntnisse über die Wachstumseigenschaften und morphologischen Merkmale der Pflanzen von Bedeutung. Aus diesem Grund wurde an der JLU Gießen im Jahr 2016 ein Minze-Sortiment angelegt, in dem alle relevanten Pflanzenparameter, inkl. Gehalt und Zusammensetzung der ätherischen Öle, geprüft werden sollen. In diesem Beitrag wird über die ersten Ergebnisse der Untersuchungen phänotypischer und agronomischer Merkmale der Minze berichtet.

Material und Methoden

In der Versuchsstation Gießen (50°36’05.7‘‘N, 8°39’13.3‘‘E) wurde im Jahr 2016 auf einem schluffigen Lehmboden (AZ: 65, brauner Aueboden vom Typ allochtone Vega) ein Sortiment mit 99 Akzessionen mit folgenden Minze-Arten (*Mentha* sp.) angelegt: *M.* x *piperita*, *M. aquatica*, *M. arvensis*, *M. canadiensis*, *M.* x *dalmatica*, *M.* x *gentilis*, *M. longifolia*, *M. suaveolens*, *M. pulegium*, *M. smithiana* und einige Arten unbekannter taxonomischer Zuordnung. Die Pflanzen wurden auf Klein-Parzellen (1,875 m^2) in zwei Reihen mit je 5 Pflanzen/Reihe (75 cm Reihenabstand) meist als Stolonen oder Kopf-Stecklinge am 12. Mai 2016 (93 Akzessionen) gesetzt. Die restlichen Akzessionen wurden je nach Verfügbarkeit der Jungpflanzen von Juni bis August gepflanzt. Es handelt sich hierbei um ein Screening von Merkmalen eines umfangreichen Minze-Sortimentes, bei dem jede Akzession nur in einer Parzelle (keine Wiederholungen) getestet wurde.

Das Sortiment wurde mehrmals bewässert, mechanisch von Unkräutern befreit und bei Bedarf gegen Schadinsekten (Weiße Fliege, Blattläuse) mit Karate Zeon unter Einhaltung der Karenzzeiten behandelt. Das beobachtete Auftreten von Minze-Blattkäfern (*Chrysolina herbacea*), Minzrost (*Puccinia menthae*) und Echtem Mehltau (*Golovinomyces biocellatus*) wurde nicht durch Pflanzenschutzmittel kontrolliert.

Das Minze-Sortiment wurde nach den Richtlinien der UPOV phänotypisch charakterisiert (UPOV TG/229/1). Darüber hinaus wurden zahlreiche

Pflanzenparameter (Entwicklungsverlauf, Pflanzenlänge, Chlorophyll-Gehalt/SPAD, Gesamt-, Blatt- und Stängelerträge) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Im Minze-Sortiment wurden einige phänotypische Variationen beobachtet, die zum Teil deutliche Abweichungen im Wachstum und in der Entwicklung der jeweiligen Akzessionen zum Ausdruck bringen. Beobachtet wurden: Akzessionen mit starkem Stolonen-Wachstum (*M*. x *piperita*, *M*. x *spicata*, *M. aquatica*), buschige Typen (*M*. x *spicata* und unbekannte Mentha-Herkünfte), Typen mit starker Blütenbildung (*M. suaveolens*, *M. pulegium*) und Pflanzen mit genetisch determinierten Blatt-Chlorosen (*M. suaveolens*). Weitere Variationen wurden bezüglich der Knospenbildung (Höhe, Termin), der Blattform (Breit, Länge, Blattrand, Blattspitze), der Blattbehaarung, der Anthocyanfärbung der Stängel sowie der Blüte (Termin, Farbe) festgestellt. Bei insgesamt 10 Akzessionen wurden deutliche Inhomogenitäten beobachtet, die sich in einer starken Variation der Blattformen äußerten. Hier wird von einer genetischen Aufspaltung infolge generativer Vermehrung ausgegangen.

Die Krauterträge (gesamte Biomasse) der Minze-Arten variierten im ersten Aufwuchs von 27 g FM/m^2 (*M. arvensis*) bzw. 219 g FM/m^2 (Mittelwert aller Akzessionen pro Art) bei *M. longifolia* bis maximal 804 g FM/m^2 bei *M. canadiensis*. Insgesamt sieben Minze-Arten erreichten im ersten Aufwuchs Krauterträge von > 500 g FM/m^2. Im zweiten Aufwuchs lagen die Krauterträge in der Spanne von 249 g FM/m^2 (*M. arvensis*) bis 908 g FM/m^2 (*M. aquatica*). Vier Mentha-Arten erzielten im zweiten Aufwuchs Krauterträge von > 800 g FM/m^2.

Die Blatt-Erträge lagen im ersten Aufwuchs deutlich höher als im zweiten Aufwuchs. Sie lagen bei den meisten Arten auf einem Niveau von 208 g FM/m^2 (*M. smithiana*) bis 478 g FM/m^2 (*M. canadiensis*). Gute Blatterträge konnten auch mit *M*. x *piperita*, *M*. x *spicata*, *M. suaveolens*, *M*. x *gentilis*, *M.* x *dalmatica* (alle < 300 g FM/m^2) erzielt werden. Der gewünschte Blattanteil von mindestens 60 % der oberirdischen Biomasse wurde von diesen Arten und Akzessionen im ersten Aufwuchs erreicht.

Problematisch ist bei Minze offenbar der zweite Aufwuchs, in dem nur bei zwei Arten (*M*. x *dalmatica* und *M. canadiensis*) Blatterträge von > 100 g FM/m^2 erzielt wurden. Bei den meisten Arten lagen die Blatterträge im zweiten Aufwuchs bei < 100 FM/m^2. Sie wiesen somit Blattanteile von deutlich unter 50 % auf.

Aus den gewonnenen Daten können erste Schlussfolgerungen zur Eignung der Minze für die weitere Selektion und Kultivierung abgeleitet werden. Für diese Aussagen sind die Informationen über den Wuchstyp, die Pflanzenlänge, den Blattertrag und das Blatt-Stängel-Verhältnis sehr wichtig. Daneben liegen bereits die Ergebnisse der Ätherisch-Öl-Analyse aus dem Jahr 2016 vor, die bei der Leistungsbewertung ebenfalls zu berücksichtigen sind.

Das im Jahr 2016 angelegte Minze-Sortiment wird in den Jahren 2017 und 2018 fortgeführt, um Parameter wie Überwinterung, Ausdauer und die Ausprägung weiterer Pflanzenmerkmale bei zunehmender Nutzungsdauer der Pflanzenbestände beurteilen zu können.

Literatur

UPOV TG/229/1 (2006): Richtlinien für die Durchführung der Prüfung auf Unterscheidbarkeit, Homogenität und Beständigkeit. Pfefferminze. UPOV-Code: MENTH_PIP. *Mentha* x *piperita* L. Internationaler Verband zum Schutz von Pflanzenzüchtungen (Hrsg.), http://www.upov.int/portal/index.html.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 275–276 (2017)

Determination of crop coefficients, Kc, of African nightshade (*Solanum scabrum*) and spider plant (*Cleome gynandra*)

Naomi Chelimo Ketter[1,2], John M. Wesonga[2] and Hartmut Stützel[1]

[1] Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Germany;
[2] Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Nairobi, Kenya.
E-Mail: *ketter@gem.uni-hannover.de*

Introduction

Water is one of the major determinants of agricultural production (Steduto *et al.*, 2012) and will play a major role in the achievement of the second Sustainable Development Goal (SDG) that seeks to "end hunger, achieve food security and improved nutrition and promote sustainable agriculture". The increasing production and consumption of African leafy vegetables in Kenya (Irungu *et al.*, 2007), requires efficient water use to sustain productivity by matching irrigation to plant requirement.

Leafy vegetables are often over-irrigated to achieve high economic returns arising from increased yield and quality (De Pascale *et al.*, 2011). Over-irrigation causes leaching of nutrients, reduces irrigation use efficiency and therefore calls for the need to schedule irrigation so as to give plants only the amount of water they need. This can be achieved by using evapotranspiration-based irrigation scheduling using crop coefficients, Kc (Savva and Frenken, 2002). Kc values of African leafy vegetables have not yet been determined and no information exists on the genetic variation of this important plant characteristic. Therefore, the objective of this study was to determine the Kc values of African nightshade, *Solanum scabrum* and spider plant *Cleome gynandra* which could be used to improve irrigation scheduling.

Material and Methods

A field experiment was conducted in the summer of 2016 in the Institute of Horticultural Production Systems at Leibniz Universität Hannover, Germany (Latitude 52°14´24´ N, Longitude 9°43´48´ E). Two lines of African nightshade (Nduruma and Olevolosi) and Spider plant (HTT and UG SF 17) obtained from the World Vegetable Centre, Arusha (AVRDC) were used. There were six 20-liter pots per line as 'drainage lysimeters' in a normal crop stand surrounded by two rows of plants growing in the plots. The drainage lysimeter pots had holes at the bottom for drainage and were placed in closed 20 liter pots of similar shape. The pots were weighed daily and the changes in weight were used to compute the crop evapotranspiration, ETc according to Allen *et al.*, (1998). The parameters deep percolation (DP), capillary rise (CR), subsurface flow in (SFin) or out (SFout) of the root zone (ΔSF), surface run-off (RO), irrigation (I) and rainfall (P) in the formula were not used in the calculation because the lysimeter pots were placed in closed pots. The change in soil water content, ΔSW that was in grams from lysimeter weight was converted to mm of water by dividing ΔSW by the inverse of plant density.

Daily temperature, relative humidity, incoming radiation and wind speed at 2 m height were obtained from a weather station located 100 m from the field experiment. These data were used to calculate the reference evapotranspiration, ET_o, using the Penman-Monteith method (Allen *et al.*, 1998). Crop canopy size and ground cover was estimated from weekly photographs taken from the top, perpendicular to the

canopy using Plant Image Analysis software (Lobet *et al.*, 2013). The daily ETc was divided by ET_o to give Kc values.

Results and Discussion

ET_0 ranged between 2 mm d^{-1} and 6 mm d^{-1} with a mean of 3.4 mm d^{-1}. The Kc values differed between the two vegetable species with African nightshade a C3 plant having lower values (range: 0.06-1.1; mean of 0.6) compared to spider plant which is a C4 plant (range: 0.25-2.30, mean: 1.21). The values for African nightshade were within the range for small vegetables as reported by Allen *et al.* (1998). The differences in the Kc values for spider plant and African nightshade could be because of their different photosynthetic pathways and water use efficiencies as observed by Triana *et al.* (2015).

References

Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In "Proceedings of the Irrigation and Drainage Paper No. 56". Rome: FAO.

De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G. & Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. HortTechnology, 21(3), 301-308.

Irungu, C., Mburu, J., Maundu, P., Grum M. & Hoescle-Zeledon, I. (2007). Analysis of Markets for African Leafy Vegetables within Nairobi and its environs and implications for on-farm Conservation of Biodiversity. A Consultancy Report for Global Facilitation Unit for Underutilised Species, Rome, Italy.

Lobet, G., Draye, X. & Périlleux, C. (2013). An online database for plant image analysis software tools. Plant methods, 9(1), 38.

Savva, A. P. & Frenken, K. (2002). Crop water requirements and irrigation scheduling (p. 132). Harare: FAO Sub-Regional Office for East and Southern Africa.

Steduto, P., Hsiao, T. C., Fereres, E. & Raes, D. (2012). Crop yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper 66, Rome: FAO.

Triana, F., Nassi o Di Nasso, N., Ragaglini, G., Roncucci, N., & Bonari, E. (2015). Evapotranspiration, crop coefficient and water use efficiency of giant reed (*Arundo donax* L.) and miscanthus (Miscanthus × giganteus Greef et Deu.) in a Mediterranean environment. Gcb Bioenergy, 7(4), 811-819.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 277–278 (2017)

Einfluss des Substrates auf die Morphologie und den Ertrag in der Chinakohl-Jungpflanzenanzucht und Basilikum-Topfkräuterproduktion

A. Medini, M. Nickels, J. A. Solbach, A. Fricke und H. Stützel

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, E-Mail: *abd.medini@gmail.com*

Einleitung

Der Verbrauch von Torf für die Herstellung von gärtnerischen Kultursubstraten soll aus politischen und ökologischen Gründen reduziert werden. Es stehen verschiedene alternative, nachwachsende Materialien zur Verfügung (z.B. Holzfasern, Kompost, Kokosmark und Perlite), die teils alleine oder in Mischungen als Substrat dienen können. Der Einfluss verschiedener alternativer Substrate auf die Pflanzenstruktur und Biomasseverteilung von Chinakohljungpflanzen und Basilikum soll getestet werden.

Material und Methoden

In einem Gewächshausversuch am Versuchsstandort Hannover werden in 2 torffreien Substraten, bestehend aus Mischungen aus Kokosmark, Holzfasern, Kompost, Perlite und Sphagnum, Chinakohl-Jungpflanzen (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis* L. “Sprinkin“ Syngenta) und Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) kultiviert (Tab.1). Als Kontrolle wird reiner Torf eingesetzt. Vor und nach der Mischung der Einzelkomponenten wird eine chemische Analyse durchgeführt, wodurch alle Substrate gleichmäßig aufgedüngt und gekalkt werden können.

Tab. 1 Mischungsverhältnisse einzelner Substratkomponenten (vol. %).

Name	Torf	Kokosmark	Kompost	Holzfasern	Perlite	Sphagnum
Torf	100					
KkHoPe		30		20	50	
KoHoPeSp			15	35	20	30

Pro Kultur werden pro Substrat 76 Trays mit je 10 Pflanzen ausgesät. Die Substrate werden während des Versuches auf 70 % Wasserkapazität gehalten, um eine optimale Wasserversorgung der Pflanzen zu gewährleisten. Beginnend 1,5 Wochen nach Aussaat erfolgen 4 Auswertungstermine. Hierbei werden die Auflaufraten, Hypokotyllängen, Frisch- und Trockengewichte, die Blattflächen und -längen sowie die Blattanzahl bestimmt. Zusätzlich werden Wurzelparameter erhoben. Der Versuch mit Chinakohl wir im Juli abgeschlossen, der Versuch mit Basilikum erfolgt im Juli/August.

Ergebnisse und Diskussion

Es deutet sich an, dass Chinakohl die größte Blattfläche, sowie Frisch- und Trockenmasse in Torf bildet. Mit dem Substrat, welches Sphagnum und Kompost enthält, können ähnliche Ergebnisse erzielt werden. Die geringste Frisch- und Trockenmasse wird im Substratgemisch aus Holz und Perlite festgestellt, was vermutlich auf physikalische Eigenschaften dieses Substrates zurückgeführt werden kann.

Danksagung

Wir danken dem Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die finanzielle Förderung des Projekts.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 279–280 (2017)

Evaluation of Combining ability analysis of yield in tomato

Somayyeh Nezami[1], Seyed Hossein Nemati[2], Hossein Arouiee[2] and Mohammad Kafi[2]

[1] Ph.D student of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, [2] Faculty members of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, E-Mail: *nez.sami@gmail.com*

Einleitung

Two of the most important parameters in plant breeding are General (GCA) and Specific (SCA) Combining Ability. These are used for evaluation of genetic value of parents in terms of hybrid performance (Martínez-Vázquez et al, 2017) and illuminate the features of different gene actions for the expression of quantitative traits. GCA and SCA also help us to select useful parents and related crosses, respectively. In combining ability studies the most generally useful test is the diallel design. Diallel cross analysis extend assessment of genetic parameters for instance combining ability including a express thorough figure of the dominance relationship of the parents (Sousa and Maluf, 2003). Assessment of combining ability of lines for recognition of elite parents for crossing is fundamental in tomato breeding programs and F1 hybrids development because of tomato productivity improvement.

Tomato (*Lycopersicon esculentum* L.), is an important vegetable crop that has special economic importance in the horticultural industry all over the world (Wang et al., 2005). The world production was estimated to be 160 million tons from an area of 6 million hectares (FAO statistical database, 2014). In Iran fresh fruits of tomato are in great demand in all year. The crop has high aspect in economic improvment of the farmers. Farmers have been enquiring about the best seed for high yield in Iran. There are few studies for improvement of varieties or hybrids specifically for higher yield and great combining abilities, Therefore, the present study was done to generate information for identification of good general and specific combiners for the improvement of yield.

Material und Methoden

The materials for this study consisted of 12 tomato genotypes (as parent) and their F1 hybrids. The 12 tomato genotypes used as parents were Cal-j-N3, Super 2274, Heinz 1370, Falat Y, Falat 111, Kushin 2274, Super larbana, Chef-Canyon, Karoon-Falat- C20, P, A13012. Parents were crossed in half diallel mating scheme in greenhouse at Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad in the first half of 2015. Successful crosses were analysed in half diallel design (eight crosses). Estimates of the general and specific combining ability effects were obtained using the methodology proposed by Griffing for analysis of half diallel with parents (Method 2), considering fixed effect of treatments. The analysis of variance of diallel was performed in excel.

Ergebnisse und Diskussion

The analysis variance of combining ability showed that there are significant differences among genotypes in both, GCA and SCA. The GCA effects for yield indicated significant variation between hybrid combination of parental genotypes. The crosses C20 × Kushin 2274 and P× Super larbana showed high performance for yield per plant suggesting that these hybrids may be further utilized for commercial

production. It is suggested that hybrids with high yield potential should be selected for using in tomato breeding programs and valuable germplasms.

Literatur

FAO, FAO statistical database, 2014. http:// www.fao.org.

Sousa, J. A., Maluf, W. R. 2003. Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*, 60 (1): 105-113.

Martínez-Vázquez, E. A., Hernández-Bautista, A., Lobato-Ortiz, R., García-Zavala, J. J., Reyes-López, D. 2017. Exploring the breeding potential of Mexican tomato landraces. Scientia Horticulturae 220: 317–325.

Sharma, M., Adarsh, M. N., Kumari, P., Thakur, M., Kumar, R., Sharma, R., and Gautam, N. 2015. Hybrid breeding in tomato. *International Journal of Farm Sciences* 5(1) : 233-250.

Wang, X.F., Knoblauch, R., Leist, N., 2005. Varietal discrimination of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) by ultrathin-layer isoelectric focusing of seed protein. *Seed Science Technology*. 28, 521–526.

Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 29: 281–282 (2017)

Root growth of *Brassica oleracea* in subsurface drip fertigation system

D.R. Nyamekye[1], H. Stützel[1], A. Fricke und U. Grote[1]

[1] I.G.P.S. /Leibniz Universität Hannover E-Mail: *nyamerex@hotmail.com*

Einleitung

The challenges of limited water resources (Postel, 2001), nutrient losses to the environment and declining soil fertility (Lal, 2009) have necessitated the search for efficient ways of managing these resources in order to achieve high water and nutrient use efficiencies which may, in turn, reduce excessive losses and improve the yield of crops (Al-Kaisi and Yin, 2003). One of such systems that is perhaps less problematic and has the capacity to improve the yield of crops with minimal resource use (Lamm and Trooien, 2003) may be the subsurface drip fertigation (SDF) system. In the SDF system, water and nutrients are delivered heterogeneously but in a controlled manner beneath the soil surface and directly to the root zone of crops (Abalos et al., 2014). Heterogeneity arises from the patchiness of resource distribution (Kazda and Schmid, 2009) and influences the overall fertility of the soil causing variation in the vertical and horizontal distribution of roots (Hutchings and John, 2003). The unpredictable behaviour of root systems in response to patchy distribution of nutrients and water in the soil (Hodge, 2006) made it imperative to investigate the dynamics of root growth of red cabbage in the SDF system.

Material und Methoden

Using the minirhizotron method, the effects of the SDF system on total root count and distribution were assessed in field experiment. The set up consisted of plants on a conventional plot (*conv*) which received one-time application of fertilizer (150 kg N/ha, i.e. Kristalon 19N-6P-20K-3MgO+micro) and relied on precipitation; plants on drip fertigation lines which received controlled supply of nutrient solution (constituted from Kristalon powder at 20% concentration) and irrigation (by water deficit) at 40 cm depth (*sdf-DL*); and an interrow of two drip lines (*sdf-IR*) which had no fertilizer application but precipitation. Each treatment was replicated three times. Minirhizotron tubes (18 tubes) were installed at an angle of 30^0 off of vertical orientation of plant root. Five images were taken per frame at two weeks interval from 84 days after transplanting (DAT) until 140 DAT. For reliable estimate of fine root processes, images were taken from only one side (i.e. upper surface) of the minirhizotron tube (Johnson et al., 2001). Images were digitised and extracted using CID Bioscience RootSnap software (version 1.3.2.25) by tracing their lengths and widths with a mouse. Fine root (≤ 2 mm in diameter) was obtained from 0-30 cm depth (17.3 cm horizontally from drip line or base of plant) and 0-60 cm depth (34.6 cm horizontally from drip line or base of plant) and expressed as root count density (number of fine roots per cm^2 tube surface area). Statistical analysis was done by using the mixed model platform for repeated measurements in JMP Pro statistical software version 13.0.0 (SAS Institute Inc., 2016) the raw data were log-transformed. In cases of significance, mean separation was carried out by Tukey-Kramer HSD test ($P \leq 0.05$).

Ergebnisse und Diskussion

The conventional (*conv*) system significantly recorded the highest fine root count density (R_{cd}) at all periods of measurements in both depths (and corresponding

horizontal distances from plants) that were sampled. The treatments had significant effects (*P≤0.0004*) on total fine R_{cd}. Mean comparison by Tukey-Kramer HSD (*P≤0.05*) revealed that in both soil depths and corresponding horizontal distances from plants, total fine R_{cd} under the *conv* system was significantly different from that of *sdf-DL* and *sdf-IR*. Distribution of fine R_{cd} by vertical layers and coresponding horizontal distances from plants indicated greater percentage of total fine R_{cd} in the upper 0-20 cm horizon representing 68%, 92%, and 88% respectively under the *conv*, *sdf-DL*, and *sdf-IR* treatments in the 0-30 cm depth (17.3 cm horizontal distance). In the 0-60 cm depth (34.6 cm horizontal distance), 78%, 73%, and 73% of the total fine R_{cd} was recorded in the upper 0-30 cm horizon under the *conv*, *sdf-DL*, and *sdf-IR* treatments respectively. In addition, the *conv* system had fine roots beyond 40-50 cm layer. However, the *sdf-IR* and *sdf-DL* respectively had less than 10% of R_{cd} in the 30-40 cm layer with no root recorded beyond this layer. In all the treatments, it was generally clear that fine R_{cd} decreased with increasing vertical depth in both soil horizons. These findings were different from that of Samson and Sinclair (1994) who reported greatest root count density of two maize varieties at 39 and 52 cm sampling depths using minirhizotron. However, the behaviour of roots under the *conv* treatment confirms the expectation of higher R_{cd} at the uppermost soil layers and supports the findings of Qin et al. (2004) that more roots usually occur in the upper soil layers due to the abundance of nutrients from this nutrient-rich zone compared to the deeper layers. Nevertheless, that of *sdf-DL* gives a clear indication of roots growing away from the drip lines and exploiting upper soil horizons. This may imply that nutrients and water supply to red cabbage at 40 cm depth cannot guarantee the presence of enough roots for maximum absorption of such resources, making it difficult to predict root growth in the SDF system.

Literatur

Abalos, D., Sanchez-Martin, L., Garcia-Torres, L., van Groenigen, J.W. and Vallejo, A. (2014). Management of irrigation frequency and nitrogen fertilization to mitigate GHG and NO emissions from drip-fertigated crops. *Science of the Total Environment, 490*: 880–888.

Al-Kaisi, M.M. and Yin, X. (2003). Effects of nitrogen rate, irrigation rate, and plant population on corn yield and water use efficiency. *Agronomy Journal, 95* (6): 1475–1482.

Hodge, A. (2006). Plastic plants and patchy soils. *Journal of Experimental Botany, 57*(2): 401–411.

Hutchings, M. J. and John, E. A. (2003). Distribution of roots in soil, and root foraging activity. *Root Ecology* (pp. 33-60). In de Kroon, H. and Visser, E.J.W. (Eds.). *Ecological Studies, Vol. 168.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

Johnson, M. G., Tingey, D. T., Phillips, D. L. and Storm, M. J. (2001). Advancing fine root research with minirhizotrons. *Environmental and Experimental Botany, 45*(3): 263-289.

Kazda, M. and Schmid, I. (2009). Clustered distribution of tree roots and soil water exploitation. *Progress in Botany, 70*: 223–239.

Lal, R. (2009). Soils and food sufficiency. A review. *Agronomy for Sustainable Development, 29* (1): 113–133.

Lamm, F.R. and Trooien, T.P. (2003). Subsurface drip irrigation for corn production: a review of 10 years of research in Kansas. *Irrigation Science, 22* (3): 195–200.

Postel, S. (2001). Growing more food with less water. *Scientific American, 284* (2): 46–51.

Qin, R., Stamp, P. and Richner, W. (2004). Impact of tillage on root systems of winter wheat. *Agronomy Journal, 96*(6), 1523-1530.

Samson, B. And Sinclair, T. (1994). Soil core and minirhizotron comparison for the determination of root length density. *Plant and Soil, 161* (2): 225-232

Autorenverzeichnis

Adio A.....196
Ahrends H.....62
Anee S.A. 158
Arouiee H.....279
Aulrich K 22
Baum C.....174
Bergfeld U.....217
Bhaskar A.V.V. 190
Bischoff J.....160
Bischoff W.-A.....235
Böhm C.....52, 54
Böhm H.....22, 26, 142
Borchert H 247
Böttcher U.....36
Breuer J.....66
Bruns C.....74
Buerkert A.....1
Bühle L 237
Bukowiecki J.....198
Bunne I 110
Butz A.F.....70, 116, 118, 223
Cabrera-Bosquet L 32
Cais K.....186
Chen T.-W. 32, 38
Chmelíková L.....249
Christen O 160, 178, 182, 194
Claupein W 90, 164, 229, 245, 251, 263, 271
de Mol F.....174
Dehmer K.J.....174, 269
Diederichsen A 251
Dier M.....42, 213
Dinkel C.....30
Dittert K.....84
Dobermann A 14
Dolch C.....48
Doluschitz R 271
Döring T.F.....18, 140
Eckl T 114
Ehrenpfordt B 215
Eichler-Löbermann B.....176, 269
Eißner F.....160
Ellmer F 132
Elsalahy H 140
Engelhardt M 76, 255
Erbs M 42, 213
Ewert F 62, 120, 215
Federolf C.-P. 80
Finckh M.R.....72, 74, 190, 257
Fischer J 142
Flaig H 66
Fournier C..... 32
Fricke A.....34, 82, 196, 206, 277, 281
Fricke T..... 86
Friederitzi J 211
Fuchs P..... 178
Gaiser T..... 62
Gallmeier M 76, 255
Gauder M..... 90, 271
Gerowitt B 174
Göbel K..... 273
Gollmann N..... 271
Graeff-Hönninger S..... 164, 245
Graß R 233, 243
Greef J.M. 56
Grosse M 180
Grote U 281
Gruber M..... 76, 255
Gruber S 229, 251, 263
Grunwald D..... 235
Grünwald T 44
Haensch J..... 215
Hagel H..... 271
Halim F.R..... 162
Hamer M..... 170
Hartert L..... 273
Hehmann D..... 96
Heinrich S 190
Hensgen F 200, 237
Herbst F..... 64
Hermanns A..... 98
Herrmann A 50, 110
Heß J 144
Hey K..... 92
Hierold W 180
Hoffmann C..... 76, 253, 255
Hoffmann E..... 1
Höller K..... 241
Höller M 241
Honermeier B.100, 106, 166, 168, 172, 184, 188, 221, 273
Höppner F..... 142
Hüging H..... 62
Hupe A..... 144

Jacob I.....152, 156
Jacobi A.....46
Jilg A.....60
Jobst F.....231
Joergensen R.G. 144
Joseph B.....237
Junge S 72, 74, 257
Kafi M 279
Kage H 36, 102, 104, 136, 198, 204
Kamp L 164
Kanzler M 52, 54
Karg S 251
Kaul H.-P. 24, 219
Kavka M.....269
Kern D 166
Ketter N.C.....275
Kiesel A 58, 239
Kimmelmann S 231
Kirschke T.....182
Kirschner C.....82
Klein F 160
Kling C.....26
Kluß C 50, 110, 148
Klussmann J.....168
Koblenz B 160, 178, 182, 194
Koch H.-J.....78
Kögler F.....88
Köhler P.....42
Köstner B.....44, 217
Kottmann L 46
Kraft M.....46
Kraska T 96
Kremer P 124
Kreuter T.....160
Kühling I.....128, 192, 227
Kunz J 160
Lamerre J 56
Landgraf A.....146
Langhof M.....56
Langkamp T.....46
Lehner B.....219
Léon J.....48
Lewandowski I 58, 239
Lingner A 84
Linnemann L.....168
Loges R 50, 110, 148
Lorenz H.....148
Ludwig R.....219
Lux G.....28, 154, 267
Macholdt J 100, 166, 172, 184, 188
Mahrookashani A..... 215
Malec S..... 243
Malisch C..... 110
Manderscheid R..... 42, 213, 215
Mangold A..... 239
Marhan S 90
März B.-M. 202
Mast B..... 164
Mastel K..... 70
Matschiner K..... 46
Matyka L 259, 265
Medini A..... 206, 277
Mehdi B..... 219
Meinen C 112, 150
Merbach W 64
Mirck J 52, 54
Möckel T 86, 200
Möhring J 58
Möller J 217
Möller K..... 66
Moualeu D.P. 34, 38, 48, 158, 162
Müller E..... 217
Müller J 215
Muller M..... 108
Müller T..... 217
Munz S..... 245
Myint S.S 34
Nemati S.H. 279
Neugschwandtner R 24
Nezami S 279
Nickels M 206, 277
Nielsen K 132
Nowakowski M..... 259, 265
Nyamekye D.R..... 281
Olfs H.-W. 80
Ostermaier M..... 152
Ostermayr A..... 156
Ozkan U..... 283
Paeßens B..... 116, 223
Pahlmann I..... 36, 102, 104
Panten K..... 235
Pao Y.-C. 38
Pasda G..... 108
Petersen J..... 94, 225
Piepho H.-P. 40
Pillen K..... 194
Pils M..... 227
Pointner F 249
Pötzsch F..... 28, 154

Pude R 96, 98, 170, 202, 241
Radke M 102
Ratjen A.....198
Rauber R 92, 112, 150
Rauch N.....160
Raupp J 118
Rehm A.....114
Reinsch T 50, 110
Rezaei E.E.....120, 215
Rose T.....198, 204
Roß C.-L. 132
Rothardt S 104
Rücknagel J.....160
Rueda-Ayala V 62
Salama H.S.A. 261
Salzeder G.....114
Sanz-Gomez J.....108
Saucke H.....30, 257
Schäfer F.....160
Scheliga M.....94
Schellberg J.....208
Schickinger H 160
Schittenhelm S 46, 136, 235
Schlecht E 1
Schmid M.....108
Schmidt J.....190
Schmidt J.H. 72
Schmidt L.....64
Schmidt V 30
Schmidtke K 28, 146, 154, 267
Schmitt D 54
Schneider K.-H. 108
Schoo B 136
Schulz H 74, 144
Schulz V.S. 245
Schulze-Brüninghoff D.....200
Schwabe S 263
Schwarz C 221
Seiter C.....66
Sensel-Gunke K 132
Sickora J.....213
Siebert S.....62, 120, 215
Sisay M.T.....108
Skonieczek P.....259, 265
Sobko O.....229
Söffker D.....88
Solbach J.A. 206, 277
Staal M 108
Stängle J.....271
Steberl K.....58
Stockfisch N.....78
Stotter M 170
Streit J..... 112
Struck I.J. 50
Stumpf B 106
Stützel H 34, 38, 48, 82, 158, 162, 196, 206, 210, 275, 277, 281
Swieter A 56
Sylvester-Bradley R 3
Tardieu F 32
Taube F 10, 50, 110, 148
Tauchnitz N..... 160
Tewes A..... 208
Thiemann F..... 98, 241
Trautz D 80, 192, 227
Trimpler K 78
Übelhör A..... 164
Uptmoor R 48, 269
Urbatzka P . 114, 116, 152, 156, 186, 231
Vance L..... 108
Vaziritabar Yavar 172, 188
Vaziritabar Yazdan 172, 188
Veste M..... 54
Völkering G 96, 98, 170, 202, 241
von Cossel, M 58
von Tucher S 176
Wachendorf M ..86, 200, 233, 237, 243
Wacker K 269
Wagner C..... 210
Weedon O..... 190
Weigel H.-J. 42, 213, 215
Weinmann P 90
Weisenburger S 60, 245
Welcker C 32
Wesonga J.M. 275
Westerschulte M 80
Wichern F 144
Wiesinger K 247
Wilken V..... 132
Winterling A 156, 247
Wiskott T..... 192
Wissemeier A.H. 108
Wurth W..... 60
Yan F 106, 166
Zacher A 174
Zahn S 178, 194
Zeid M.M. 261
Zerulla W 108
Zicker T..... 176
Ziesemer A 68
Zikeli S 229, 251
Zörb C..... 42
Zurek M..... 259, 265