

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 28**

Klimawandel und Qualität

59. 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

59. Jahrestagung der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

27. bis 29. September 2016

Gießen

Klimawandel und Qualität

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

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

**Verlag Liddy Halm
Göttingen 2016**

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-

Alle Rechte vorbehalten

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

Inhaltsverzeichnis

Plenarvorträge: Klimawandel und Qualität

Schubert, S.: Trockenstress und Dürresistenz von Kulturpflanzen.....	1
Honermeier, B.: Bedeutung sekundärer Pflanzenstoffe für die Qualität von Nahrungspflanzen – Einfluss von Klimafaktoren und pflanzenbaulichen Maßnahmen	5
Grunert, M., A. Schaerff: Wirkung unterschiedlicher N-Düngungsstrategien auf Ertrag und Qualität bei Weizen und Raps – langjährige Ergebnisse aus der Landesforschung in Sachsen	9

Parallelsektion Arznei- und Gewürzpflanzen

Hamm, A., R. Pude, H. Blum: Untersuchungen zur Bestäubungsökologie von Arzneipflanzen: How insects spice up their lives	14
Cammalleri, A., B. Honermeier: Eignung von ausgewählten Pflanzen-Extrakten zur Bekämpfung von Oomyceten	16
Onofrei, V., B. Honermeier, M. Burducea, A. Lobiuc, G.-C. Teliban, T. Robu: Yield, physiological and biochemical parameters of <i>Calendula officinalis</i> L. under foliar ecological fertilization	18
Oster, S., J. Sparke, B. Honermeier: Blatterträge und Scopolamin-Gehalte von <i>Duboisia</i> sp. bei variierenden Kultivierungsbedingungen	20
Russo, M., B. Honermeier: Einfluss von Lichtintensität und Schnitttermin auf Ertragsparameter und Gehalt an ätherischem Öl der Zitronenmelisse (<i>Melissa officinalis</i> L.)	22

Parallelsektion Produktionssysteme I

Hegewald, H., B. Koblenz, M. Wensch-Dorendorf, O. Christen: Ertrag, Ertragsbildung sowie Wurzelhals- und Stängelfäule (<i>Leptosphaeria maculans</i>) von Winterraps in Abhängigkeit von der Anbaukonzentration	24
Klussmann, J., B. Honermeier: Wirkung der Saatzeitverzögerung auf Wachstum und Ertragsbildung von Linien- und Hybridsorten beim Weizen	26
Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, J. Macholdt, L. Bender, B. Honermeier: Effect of different pre-crops and crop rotations on plant growth, grain yield and grain quality of winter wheat in the long-term field experiment "BSG" Giessen.....	28
Kühling, I., D. Trautz: Anpassungsmöglichkeiten von Weizenproduktionssystemen an den Klimawandel in Südwestsibirien: Effekte von Bodenbearbeitung und Aussaatparametern	30
Döring, T.F.: Re-thinking research on intercropping systems	32

Parallelsektion Physiologie

Dier, M., R. Meinen, M. Erbs, R. Hänsch, M. Kücke, H.-J. Weigel, C. Zörb, R. Manderscheid: Wirkung von CO ₂ Anreicherung und N-Düngung auf die Nitrat-Assimilation bei Winterweizen: Ist eine Ammonium betonte N-Düngung besser als eine Nitrat basierte?	34
Kögler, F., Söffker, D.: Plant system behavior at deficit irrigation: Experimental data collection and system dynamical characteristics for irrigation control.....	36

II

Luig, A., R. Manderscheid, M. Erbs, A.M. Ratjen, H.-J. Weigel, H. Kage: Bedeutung der Kombination von erhöhten CO ₂ -Konzentrationen und temporärem Hitzestress auf die Ertragsphysiologie von Winterweizen und deren Modellierung.....	38
Dolch, C., H. Stützel: Modellierung von physiologischen Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen (<i>Hordeum vulgare</i> L.)	40
Garousi, F., B. Kovács: Selenium enriched green pea grown in sandy soil.....	42
Parallelsektion N-Düngung und N-Effizienz	
Roß, C.-L., U. Herbst, K. Sensel-Gunke, F. Ellmer: Aufbereitung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung: Wirkung auf Wachstum und Ertrag von <i>Avena sativa</i> L. und <i>Brassica napus</i> L. im Gefäß.....	44
Petrova, I., C. Pekrun, K. Möller: Einfluss der Aufbereitung von Gärresten auf ihre Zusammensetzung und die Düngewirkung bei Kulturpflanzen.....	46
Federolf, C.-P., M. Westerschulte, H.-W. Olf, D. Trautz: Gülleunterfußdüngung zu Mais – Nährstoffaufnahme in der Jugendentwicklung	48
Sadeghi, A., B. Honermeier: Effect of organic and mineral fertilization on soil parameters and yield of sugar beet in a long-term field experiment – results of the year 2015	50
Rueda-Ayala, V., S. Siebert, H. Hüging, T. Gaiser, F. Ewert: Effects of long-term fertilization treatments on yield trends of winter wheat, winter rye, sugar beet and potato	*
Parallelsektion Analyse und Qualität	
Legner, N., C. Meinen, R. Rauber: Unterscheidung von Wurzeln verschiedener Pflanzenarten mittels FTIR-Analyse	52
Streit, J., C. Meinen, R. Rauber: Quantitative Analyse der Wurzelverteilung in einem Winterackerbohnen-Winterweizen Gemenge mittels Fourier Transform Infrarot (FTIR) Spektroskopie.....	54
Sommer, H.: Ertragsbewertung von Futterleguminosen auf Basis der verdaulichen Aminosäuren.....	56
Urbatzka, P., A. Rehm: Einfluss einer Sortenmischung auf Ertrag, Backqualität und Krankheiten bei Winterweizen im ökologischen Landbau	58
Sahamishirazi, S., N. Frank, S. Zikeli, M. Fleck, W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Determination of glucosinolates content of open pollinating organic broccoli genotypes (<i>Brassica oleracea</i> convar. <i>Botrytis</i> var. <i>Italica</i>) and their sensory analysis.....	60
Parallelsektion Produktionssysteme II	
Meinen, C., M. Roth, M. Trapp, R. Rauber: Einfluss von Bodenbearbeitung und Trockenstress auf die ober- und unterirdische Biomasse von Ackerbohnen und Hafer in Reinsaat und Gemenge.....	62
Schulze, S., H.-J. Koch: Zusammenhang zwischen der Rhizoctonia-Befallsstärke zweier Zuckerrübensortentypen und bodenphysikalischen Parametern	64
Laufer, D., H.-J. Koch: Herbst-Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben in Deutschland	66

III

Völkl, C., N. Siebrecht, K.-J. Hülsbergen: Maßnahmenbezogene Ansätze zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit in der Pflanzenproduktion	68
Pekrun, C., S. Pilz, T. Würfel: Prüfung des Konservierenden Ackerbaus in einem On-Farm Ansatz in Südwestdeutschland – erste Ergebnisse	70

Parallelsektion Ökologischer Landbau und Leguminosen

Stumm, C., U. Köpke: Ertragswirkung und Klimarelevanz alternativer Nutzungsformen von Futterleguminosen im viehlosen Acker- und Gemüsebau	72
Böhm, H.: Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Klee gras im Ökologischen Landbau.....	74
Yan, F., B. Honermeier: Wirkung von Wassermangel auf Kornertrag und Ertragsstruktur verschiedener Sojasorten (<i>Glycine max.</i> (L.) Merr.)	76
Neugschwandtner, R., A. Bernhuber, S. Kammlander, H. Wagentristl, H.-P. Kaul: Erträge und Stickstoffdynamik von Winterkörnerleguminosen im Vergleich zu Sommerkörnerleguminosen	78
Tobisch, B., G. Leithold, K.-P. Wilbois: Wirkung von Hydropriming in Soja auf Keimrate und Auflaufgeschwindigkeit.....	80

Parallelsektion Züchtungsfortschritt bei Winterweizen

Breitsameter, L., N. Brüggemann, T. Feike, H. Kage, K.-C. Kersebaum, H. Stützel: Verfügbarmachung und Nachnutzung von Forschungsdaten – schlummerndes Potential in der agrarwissenschaftlichen Forschung	82
Wittkop, B., R. Snowdon, W. Friedt: BRIWECS: Moderne Winterweizensorten vereinen ein breite biotische und abiotische Stresstoleranz.....	84
Lichthardt, C., H. Stützel: Entwicklungen in der Lichtaufnahme von Winterweizensorten in der deutschen Züchtungshistorie – erste Ergebnisse und Erkenntnisse	86
Nagler, S., U. Böttcher, H. Kage: Welche Sorteneigenschaften bestimmen den Ertrag: Erste Ergebnisse aus einer Phänotypisierung von 220 Weizengenotypen.....	88
Rose, T., P. Hansen, H. Kage: Welche Sorteneigenschaften bestimmen den Ertrag: Zweijährige Untersuchungen an einem Set aktueller Weizensorten.....	90

Parallelsektion Modelle für Ertragsbildung und Management

Rosen, A., Y. Hasan, R. Uptmoor: QTL-basierte Modellierung der Blühinduktion von Blumenkohl (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i>).....	92
Osei-Kwarteng, M., D.P. Moualeu, H. Stützel: Leaf inclination distribution in amaranths (<i>Amaranthus</i> spp L.)	94
Oomen, R.J., F. Ewert, H.A. Snyman: Modelling rangeland productivity and degradation in a semi-arid climate.....	*
Ratjen, A.M., E. Reinsdorf, H. Kage: Sechs Jahre ISIP Düngeempfehlungsmodell für Winterweizen.....	96
Kremer, P., H.-J. Fuchs, C. Lang: Agrarökologische Auswirkungen des Klimawandels auf den Anbau von Zuckerrüben	98

Produktionssysteme III

Gropp, T., R. Uptmoor, B. Eichler-Löbermann: Agronomische Effektivität von Phosphorressourcen	100
---	-----

IV

Zacher, A., C. Baum, F. de Mol, B. Gerowitt, K. Dehmer, A. Graner: Potenzielle Wirkung von Unkräutern auf die P-Mobilisierung unter Mais.....	102
Prücklmaier, J., K.-J. Hülsbergen, F.X. Maidl: Erprobung und Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung der Nitratausträge in Gerste, Weizen und Mais mit dem Schwerpunkt „teilflächenspezifische Stickstoffdüngung“	104
Schulz, H., E. Stoll, S. Zimmer, T. Bohn, J. Heß: Eignung verschiedener Körnerleguminosen in ökologischen Fruchtfolgen zur Integration einer deckungsbeitragsstarken Folgekultur in abtragender Position	106
Kehm, S., M. Reuther, A. Lingnau, C. Lang, C. Heinrichs, B. Honermeier, F.M.W. Grundler: Untersuchung des Befalls durch Rübenzystematoden (<i>Heterodera schachtii</i>) im Feld – Vergleich zweier Methoden –	108

Parallelsektion Umweltwirkungen

Jacobs, A., H.-J. Koch, B. Märkländer: Vorfrucht als Kriterium für die agronomische Effizienz des Zuckerrübenanbaus.....	110
Hauer, M., N. Stockfisch: Neonicotinoide im Zuckerrübenanbau: Umweltwirkungen, Nutzen, Alternativen.....	112
Klepatzki, J., F. Ellmer: Treibhausgasemissionen bei der ackerbaulichen Nutzung von Sandböden	114
Räbiger, T., U. Böttcher, H. Kage: Modellgestützte Szenariorechnungen zur N-Auswaschung einer typischen Rapsfruchtfolge	116
Steffens, D., G. Haider, C. Kammann, A. Sadeghi, B. Honermeier: Hat Biokohle eine Wirkung auf Ertrag und Boden in mehrjährigen Feldversuchen	118

Nachwachsende Rohstoffe

Fleischhut, M., K.-J. Hülsbergen, J. Eder: Pflanzenbauliches Potenzial von Körnermaisstroh für die Biogasproduktion	120
Hoffmann, M., K. Nielsen, F. Ellmer: Einfluss der Gärproduktdüngung auf die Ertragsbildung von Energiepflanzen und den Bodenzustand	122
Nurk, L., R. Graß, S. Hubert, C. Pekrun, M. Wachendorf: Anbau von Energiemais in Mischkultur mit Stangenbohnen: Entwicklung und Optimierung des Anbausystems – Ergebnisse von drei Versuchsjahren an drei Standorten	124
Kanzler, M., C. Böhm, J. Mirck, D. Schmitt, M. Veste: Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel	126

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Ebrahimi, E.: Adaptation strategies for sustainable wheat production under climate change	128
Eyshi Rezaei, E., S. Siebert, F. Ewert: Assessing the impact of heat and drought on crop yield across scales	132
Mehdi, B., B. Lehner, R. Ludwig: Impacts of crop land use change with climate change on agricultural nitrogen and phosphorus transport	136
Neukam, D.: Modelling wheat canopy temperature: A key to identify plant traits for drought tolerance and to quantify heat stress	140
Poyda, A., T. Reinsch, H. Skinner, C. Kluß, R. Loges, F. Taube: Klimarelevanz futterbaulich genutzter Niedermoorböden in Schleswig-Holstein	144

Stahl, A., B. Wittkop, P. Vollrath, W. Friedt, R. Snowdon: Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz von Winterraps: Analyse des Züchtungsfortschritts der letzten Jahrzehnte und daraus resultierende künftige Implikationen.....	148
---	-----

Postersektion 1: Produktionssysteme

Dannehl, T., G. Leithold, C. Brock: Leistung unterschiedlicher Stroh- und Gründüngungsvarianten im Aufbau organischer Bodensubstanz – Ergebnisse eines Feldversuchs.....	152
Fischer, J., F. Höppner, H. Böhm: Sorteneffekte von Stangen- und Feuerbohnen auf die Erträge und die Ertragszusammensetzung im Gemengeanbau mit Silomais	154
Grüter, M., N. Matthes, F. Ellmer: Strip-Till vs. Mulchsaat – Wirkungen auf Penetrationswiderstand, Durchwurzelung und Ertrag auf einem lehmigen Sandboden	156
Hüging, H., S. Siebert, V. Rueda-Ayala, T. Gaiser, F. Ewert: Untersuchung des Einflusses von Nährstoffversorgung und genetischem Fortschritt auf Qualitäts- und Ertragsfaktoren bei Winterweizen.....	158
Kirschke, T., B. Koblenz, O. Christen: Effekte der Dünger-N-Formen auf das Wurzelwachstum und die oberirdische Biomasse von Winterweizen (<i>Triticum aestivum</i> L.)	160
Schwabe, S., S. Gruber, W. Claupein: Mechanische Kontrollmöglichkeiten von Rapsdurchwuchs in Holli-Rapsbeständen zur Einhaltung gewünschter Fettsäuremuster	162
Vaziritabar, Y., B. Honermeier, Y. Vaziritabar: Biological N fixation in the long term field experiment in Giessen (BSG).....	*
Ziesemer, A.: Raps – ein wichtiges Element der Fruchtfolgen in Mecklenburg-Vorpommern	164

Postersektion 2: NaWaRo

Frölich, W., M. Kruse, H. Hrenn, S. Schlosser, H. Kurz, K. Stolzenburg: Differenzierungen zwischen Inhaltsstoffen von Achänen und Samen der perennierenden Energiepflanze Durchwachsene Silphie (<i>Silphium perfoliatum</i> L.)	166
Hartmann, A., M. Fritz: Langzeit-Ergebnisse zum Miscanthusanbau in Bayern	168
Hermann, D., B. Lepp, G. Völkering, R. Pude: Einfluss von Substrat- ausgangsstoffen aus Nachwachsenden Rohstoffen auf physikalische Eigenschaften von Pflanzsubstraten	170
Hey, K., R. Rauber, W. Fahlbusch: Entwicklung von Indikatoren für den Anbau von Biogaspflanzen	172
Höller, M. A. Lunze, N. Anders, A.C. Spieß, C. Wever, E. Pestsova, P. Westerhoff, K. Höller, G. Völkering, R. Pude: Eignung unterschiedlicher Silphium-Herkünfte für die Produktion von Baustoffen	174
Kuhn, A.J., M. Stollberg, M. Gossen, S. Förster, T. Kraska, R. Pude, G. Dericks, A. Kuhles, M. Watt, U. Schurr: Einfluss von HTC-Kohle auf das Pflanzenwachstum in Topfversuchen.....	176
Kraska, T., D. Hermann, B. Kleinschmidt, J. Weinand, R. Pude: Nutzungsmöglichkeiten von Nachwachsenden Rohstoffen in erdelosen Kultursystemen.	178

VI

- Nichtitz, A., F. Thiemann, G. Völkening, M. Petry, R. Pude: Eignung ausgewählter mehrjähriger Biomassepflanzen für die Produktion von Hochleistungsdämpfputz 180
- Roux, S.R., F. Höppner, D. Wiedow, N. Kanswohl, M. Beck, M. Deyerler: Andenlupinen als Energiepflanzen 182

Postersektion 3: Physiologie/Modellierung

- Kirschner, C., A. Fricke, H. Stützel: Wachstumsanalyse von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene 184
- Kottmann, L., S. Schittenhelm, S. Schroetter, T. Langkamp, M. Kraft, K. Matschiner: Vergleich des Wurzelsystems verschiedener Winterweizen-Genotypen unter Trockenstress 186
- Kottmann, L., T. Langkamp, S. Schittenhelm, M. Kraft, H. Neeland, K. Matschiner: UAV-gestützte Bestandestemperaturmessungen von Winterweizengenotypen für die Selektion auf Trockenstresstoleranz 188
- Manderscheid, R., M. Dier, M. Erbs, H.-J. Weigel: Mehr CO₂ verringert den saisonalen Wasserverbrauch von Winterweizen insbesondere bei guter Nährstoffversorgung 190
- Memic, E., S. Graeff-Hönninger, W. Claupein, H. Schomburg, A. Brandes: Resource efficient plant protection based on a data driven multi-scale approach for the process chain - Diseases detection - decision support - demand specific fungicide application 192
- Myint, S.S., A. Fricke, H. Stützel: Functional and structural adaptations of tomato upon soil drying: plant growth, transpiration and water relations 194
- Pao, Y.-C., T.-W. Chen, H. Stützel: Model-assisted greenhouse management – an example for supplemental lighting in cucumber production 196
- Wagner, C., J.-A. Paffenholz, H. Stützel: Messungen und Rekonstruktion der dreidimensionalen Pflanzenarchitektur bei *Cucumis sativus* mit Hilfe des Low-Cost Sensors Microsoft Kinect V2 198
- Zahn, S., B. Koblenz, K. Pillen, O. Christen: Quantitativ-statistische Analyse der Ausprägung von Ertragskomponenten bei Sommergerstenintrogressionslinien 200
- Weiler, C.S., N. Merkt, W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Klimawandel und Tafeltraubenanbau in Deutschland – Auswirkungen von Trockenstress auf Wachstum und Entwicklung ausgewählter Sorten 202

Postersektion 4: Leguminosen

- Blecher, T.: Knöllchenzahl und- morphologie verschiedener Leguminosen im Verlauf der frühen Pflanzenentwicklung 204
- Brock, C., K. Ekschmitt, Y. Wu: Einfluß von Gründüngung (Mulchnutzung) auf die symbiotische Stickstofffixierung bei Rotklee (*Trifolium pratense*) 206
- Desalegn, G., R. Turetschek, S. Wienkoop, H.-P. Kaul: Beneficial microbes induce stress resistance against black spot fungi and improve field pea productivity 208
- Elsalahy, H., G. Grom, F. Ellmer, T.F. Döring: Effect of water stress on above-ground and below-ground biomass of eight legume species 210

VII

Dietrich, N., M.N. Strathausen-Bui, B. Horneburg, T.F. Döring: Wirkung abgestufter Kalkdüngung auf Wachstum und Entwicklung von Ackerbohnen, Linsen, Erbsen und Sojabohnen	212
Froschhammer, P., H. Schulz, J. Heß: Soja und Leindotter – Mischfruchtanbau mit Erfolg?	214
Hupe, A., H. Schulz, R.G. Joergensen, J. Heß, F. Wichern: Quantifizierung der C und N Rhizodeposition von Erbsen im Freiland.....	216
Paeßens, B., A. Butz, K. Mastel: Effekte von reduzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlicher Herbizidstrategien auf Verunkrautung und Erträge im Sojaanbau	218
Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, B. Honermeier, F. Paknejad, J. Angaji: Effects of herbicides and biofertilizer (<i>Bradyrhizobium japonicum</i>) on weed control and soybean yield	220
Postersektion 5: Umwelt/Ökologischer Landbau	
Schultz, S., S. Roye, A. Schmidt, K. Schweitzer, M. Baumecker, F. Ellmer, T.F. Döring: Zeitliche Entwicklung der Segetalflora in einem Langzeitversuch in Abhängigkeit unterschiedlicher Bewirtschaftungshistorie	222
Höppner, F., J. Fischer, H. Böhm: Wirkungsprüfung verschiedener Siliermittel bei der Erzeugung von Mais-Stangenbohnsensilagen.....	224
Jung, R., R. Rauber: Einfluss von Untersaaten auf die Deckfrucht Mais im Ökologischen Landbau.....	226
Kenter, C., A. Olsson, A. Wauters, M. Daub, E. Ladewig, E. Raaijmakers: Nachbarschaftseffekte in Sortenversuchen mit nematodenresistenten, -toleranten und -anfälligen Zuckerrüben.....	228
Pietzner, B., J. Rücknagel, B. Koblenz, M. Grunert, A. Schmidt, O. Christen: Einfluss mineralischer Düngemittel auf die N ₂ O- und NH ₃ -Emissionen auf einem Lössstandort	230
Schulz, H., C. Tebbe, P. Racca, B. Kleinhenz, C. Bruns: Die Wechselwirkung von Stickstoff und Krautfäule im Ökologischen Kartoffelanbau – Einbindung von unterstützenden Entscheidungshilfemodellen und deren Auswirkungen auf das Anbauverfahren.....	232
Urbatzka, P.: Einfluss der Art und Höhe einer Schwefeldüngung im zweijährigen Klee gras und Auswirkung auf die Nachfrucht Winterweizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus	234
Urbatzka, P., A. Rehm, T. Eckl, G. Salzeder: Auswirkung der Kleeart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag der Nachfrüchte Winterweizen und Wintertriticale unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus	236
Urbatzka, P., A. Rehm, G. Salzeder: Bestimmung der Vorfruchtwirkung verschiedener Erbsentypen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus .	238
Winterling, A., I. Jacob, H. Borchert, K. Wiesinger: Ertrag und Qualität von Hafer in einem Agroforstsystem zur Energieholzgewinnung im ökologischen Landbau	240

VIII

Postersektion 6: Analyse/Arzneipflanzen

- Brinker, S., J. Macholdt, M. Gaudchau, F. Yen, B. Honermeier: Ertragsbildung und Kornqualität von Waxy-Weizen in Abhängigkeit von der N-Düngung..... 242
- Dankowsky, M., A. Fricke, H. Stützel: Topfkräuter- und Jungpflanzenanzucht in torffreien Substratmischungen..... 244
- Göbel, K.A., B. Honermeier: Inkulturnahme und Qualitätsverbesserung von Minze-Arten mit speziellen Aromen und Wirkstoffen in Hessen 246
- Göbel, K.A., M. Russo, B. Honermeier: Charakterisierung der Rosmarinsäuregehalte von Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) unter dem Einfluss reduzierter Belichtung und unterschiedlicher Erntetermine 248
- Klussmann, J., L. Linnemann, B. Honermeier: Etablierung einer nachhaltigeren und umweltverträglicheren Weizen-Wertschöpfungskette – Vorstellung eines Projektvorhabens 250
- Mack, L., S. Munz, W. Claupein, S.F. Hendawy, A. Hofmann, A. Höping, S. Graeff-Hönninger: Landwirtschaft in der Wüste – Entwicklung eines Anbau- und Bewässerungssystems für die alte Körnerfrucht Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Ägypten..... 252
- Sommer, H.: Abschätzung des Eiweißgehaltes im Blatt feinsamiger Leguminosen auf Basis des Eiweißgehaltes in der ganzen Pflanze 254
- Sommer, H.: Faserfraktionen von Luzerne, Rotklee und Weißklee - ein Vergleich zwischen Ganzpflanze und Blattmasse..... 256
- Stumpf, B., F. Yan, B. Honermeier: PAL-Expression und Gesamtphenole in Weizenblättern in Abhängigkeit von der N-Düngung..... 258
- Sung, Y.-H., F. Yan, B. Honermeier: Phenolic acid contents and antioxidant capacity in root extracts of *Salvia miltiorrhiza* Bunge depending on cultivation methods 260

Postersektion 7: Düngung/Agroforst

- Chmelikova, L., M. Merold, S. Höcherl, P. Depner: Beschattung und Unterwuchsvegetation in Agroforststreifen..... 262
- Chmelikova, L., S. Höcherl, S. Wolfrum, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Wuchsleistung typischer KUP-Gehölze auf zwei unterschiedlichen Standorten in Südbayern 264
- Drerup, P., H. Brück, J. Lammel, H.W. Scherer: Berechnung des Pflanzenwasserverbrauchs in Abhängigkeit des Stickstoffangebotes auf Grundlage spektrometrisch ermittelter bzw. tabellierter Kc-Werte 266
- Hallama, M., E. Kandeler, C. Pekrun: Effects of cover crops and direct seeding on phosphorus dynamics under soybean..... 268
- Hellerer, B., A.-S. Köhler, S. Wolfrum: Anwendung und Evaluation von Indikatoren zur funktionalen Biodiversität für die Beratung auf einem Praxisbetrieb in Niedersachsen..... 270
- Hensgen, F., M. Wachendorf: Der Einfluss der invasiven Art *Lupinus polyphyllus* auf energetische Parameter von Grünlandbiomasse aus extensiver Bewirtschaftung..... 272

IX

Loth, J.-P., J. Macholdt, L. Behle-Schalk, F. Yan, B. Honermeier: Wirkung von Gärrückständen im Vergleich mit Stalldung zu Mais, Weizen und Gerste im IOSDV Rauschholzhausen	274
Wacker, K., K.J. Dehmer, B. Eichler-Löbermann, R. Uptmoor: Phosphoreffizienz und genetische Regulation der Phosphataseproduktion und -aktivität bei Kartoffel (<i>Solanum tuberosum</i> L.).....	276
Winzer, F., T. Kraska, R. Pude: Einsparung von mineralischen Düngern durch die Nutzung regionaler Reststoffströme	278
Autorenverzeichnis	280

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Trockenstress und Dürresistenz von Kulturpflanzen

Sven Schubert

Institut für Pflanzenernährung (iFZ), Justus-Liebig-Universität Gießen,
E-Mail: sven.schubert@ernaehrung.uni-giessen.de

Einleitung

Der globale Klimawandel wird in den nächsten Jahren dazu führen, dass Niederschlagsereignisse zunehmend unvorhersehbar werden. Dieses trägt einerseits zu lokalen Überschwemmungen, verbunden mit Bodenerosion und Staunässe, andererseits aber auch zu unzureichender Wasserversorgung der Kulturpflanzen bei. Neben der Verbesserung der Dürresistenz von Kulturpflanzen muss ihre Versorgung mit Nährstoffen den neuen Gegebenheiten angepasst werden. Für die Verbesserung der Dürresistenz und die Pflanzenernährung stellt sich die Frage nach den kritischen Entwicklungsprozessen, und wie diese Prozesse durch geeignete Maßnahmen gefördert werden können. Darüber hinaus stellt die effiziente Nutzung des verfügbaren Wassers durch den Pflanzenbestand eine Herausforderung dar. In diesem Beitrag soll ein Hauptaugenmerk auf das Streckungswachstum während des vegetativen Wachstums und auf die Blühphase gerichtet werden. Da Kalium wichtige Funktionen im Wasserhaushalt der Pflanze erfüllt, soll die Bedeutung von Kalium für die Dürresistenz und die Wassernutzungseffizienz näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Stressresistenz wird nach Levitt (1980) entweder durch Toleranz oder Vermeidung des Stresses realisiert. Vermeidungsstrategien tragen in vielen Fällen zur Stressresistenz bei, sind aber nicht immer eindeutig von einer echten Toleranz zu unterscheiden. Aus diesem Grund wird in diesem Beitrag durchgehend der Begriff Resistenz benutzt, der sowohl Vermeidungsstrategien als auch Toleranz umfasst.

Die meisten der in diesem Beitrag vorgestellten Ergebnisse wurden mit der am Institut für Pflanzenernährung der Universität Gießen entwickelten Container-Technik gewonnen (Schubert 2006). Mit dieser Technik zur Untersuchung von Salz- und Dürrestress werden typische Probleme von Gefäß- und Feldversuchen umgangen. Während in Gefäßversuchen das Bodenvolumen das Wurzelwachstum und die Wasseranlieferung an die Wurzeln limitiert, lassen sich Salz- und Dürrestress in Feldversuchen kaum kontrolliert applizieren. Mit der Container-Technik wird das Wachstum von Kulturpflanzen im Profil eines sandigen Bodens bis zu einer Tiefe von etwa 1 m simuliert. Die gravimetrische Einstellung und Kontrolle des Wassergehaltes in Abhängigkeit von der maximalen Wasserhaltekapazität erlaubt nicht nur die kontrollierte Applikation von Dürrestress, sondern auch die Quantifizierung der Evapotranspiration. Folgende Parameter werden berechnet:

$$\text{Wassernutzungseffizienz (WNE): } WNE = \frac{(\text{Korn-})\text{Trockenmasse (g)}}{\text{Wasserverbrauch (L)}} \quad (1)$$

$$\text{Wachstumsrate: } \frac{dV}{dt} = m (\Psi_P - Y) \quad (2)$$

Die Wachstumsrate wird nach Lockhart (1965) als Volumenzunahme (dV) pro Zeiteinheit (t) definiert. Dabei stellt m die Zellwandextensibilität, Ψ_p den Turgor, Y den Turgorschwellenwert und die Differenz $\Psi_p - Y$ den wachstumswirksamen Turgor dar. Die Quantifizierung des Turgors erfolgt als Differenz zwischen Wasserpotential (Scholander-Methode) und osmotischem Potential (Methode der Gefrierpunkts-erniedrigung). Zellwandextensibilität und Turgorschwellenwert werden mit einer von Eitenmüller (2016) entwickelten extensiometrischen Methode gemessen.

$$\text{Harvest Index (HI): HI} = \frac{\text{Korn-Trockenmasse (g)}}{\text{Spross-Trockenmasse (g)}} \times 100 \quad (3)$$

In einigen Experimenten wird anstelle eines Dürrestresses die Wasserverfügbarkeit im Wurzelraum durch Salzzugabe reduziert. Dabei wird das Wasserpotential nicht durch die Teilkomponente Matrixpotential, sondern durch die Teilkomponente osmotisches Potential abgesenkt. Ionentoxizität kann durch Beschränkung auf die Phase I des Salzstress weitestgehend ausgeschlossen werden (Schubert 2011). Auf diese Weise lässt sich ein milder Dürrestress über einen langen Zeitraum simulieren.

Ergebnisse und Diskussion

Bei limitierter Wasserverfügbarkeit kommt der Wassernutzungseffizienz (Formel 1) eine besondere Bedeutung zu. Sie lässt sich durch agronomische und züchterische Maßnahmen verbessern.

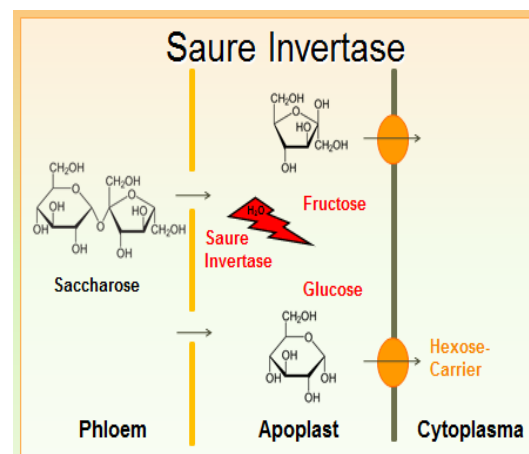
Wegen seiner vielfältigen Funktionen im Wasserhaushalt verwundert es nicht, dass Kalium die Wassernutzungseffizienz verbessert. So ermöglicht es durch seine hohe Membranpermeabilität, Wasserpotentialgradienten aufzubauen, die den Wassertransport aus der Bodenlösung in die Wurzel, die Wasserabscheidung in Xylemgefäße und die Wasserretention im Blattgewebe durch effiziente Stomataregulation verbessern. Kaliummangel äußert sich daher in erster Linie in Austrocknungen des Blattgewebes, die als Nekrosen sichtbar sind. In unseren Versuchen mit Getreide, Raps und Ackerbohne wurde gezeigt, dass eine optimale Kaliumernährung die Wassernutzungseffizienz signifikant erhöht. Interessanterweise war nicht ein sparsamer Wasserverbrauch die Ursache, sondern eine Förderung des Streckungswachstums. Unter mildem Dürrestress limitiert nicht der Turgor, sondern die Zellwandextensibilität das Wachstum (Formel 2). Diese Zellwandextensibilität wird durch Protonenabgabe in die Zellwand gesteuert. Verantwortlich hierfür ist die in der Plasmamembran gebundene H^+ -ATPase, die durch Kalium stimuliert wird. Unter mildem Dürrestress werden von den Wurzelspitzen Signale (z.B. Abscisinsäure) ausgesendet, die das Sprosswachstum an die Wasserverfügbarkeit anpassen. Diese Signale werden im Spross verschieden resistenter Genotypen unterschiedlich verarbeitet. So wird die Protonenabgabe durch Zugabe von Abscisinsäure in empfindlichen Genotypen gehemmt, in resistenten Genotypen jedoch erhöht. Die Verbesserung der Wassernutzungseffizienz über das Streckungswachstum durch Kalium hat zwei wichtige Konsequenzen:

1. Kalium kann nicht zu einem sparsameren Wasserverbrauch beitragen.
2. Um die volle Wirkung von Kalium nutzen zu können, muss die Wasserversorgung (z.B. durch Bewässerung) optimiert werden.

Der Harvest Index (Formel 3) stellt einen weiteren wichtigen Faktor für die Wassernutzungseffizienz dar. Eine geringere vegetative Pflanzenmasse erfordert

eine geringere Evapotranspiration und ermöglicht so eine höhere Wassernutzungseffizienz. Die Applikation von Wachstumsreglern ermöglicht so nicht nur einen höheren Harvest Index, sondern auch eine bessere Wassernutzungseffizienz. Erhebliche Fortschritte konnten so auch durch die Entwicklung von kurzstrohigen Weizen- und Gerstensorten erzielt werden. Im Unterschied zu den C₃-Getreidearten, deren Ertragsleistung wesentlich durch eine Verbesserung des Harvest Index erzielt wurde, liegt der Harvest Index für Körnermais seit Jahrzehnten bei etwa 50%. Die Ertragssteigerungen für Körnermais gehen ausschließlich darauf zurück, dass es durch züchterische und agronomische Maßnahmen gelungen ist, die optimale Bestandesdichte zu erhöhen (Duvick 2005). Auch wenn Mais als C₄-Pflanze eine bessere Wassernutzungseffizienz als C₃-Pflanzen aufweist, wird mit dem geringen Harvest Index Wasser nicht effizient genutzt. Es wird daher vorgeschlagen, den Harvest Index von Mais zu verbessern, um einen sparsameren Umgang mit Wasser zu ermöglichen. In unseren Versuchen führte eine Verbesserung des Harvest Index um 7 bis 29% durch Dürrestress in zwei Maissorten über zwei Jahre zu einer Einsparung des Wasserverbrauchs um 24 bis 33%. Dies war mit einer Verbesserung der Wassernutzungseffizienz zwischen 8 und 42% verbunden. Ein besseres physiologisches Verständnis der Sinkstärke (Ho 1988) unter Dürrestress dürfte der Schlüssel für Fortschritte auf diesem Gebiet sein.

Abb. 1: Sinkaktivität, aufgebaut durch Saure Invertase. Die hydrolytische Spaltung von Saccharose in die Hexosen Glucose und Fructose verhindert die Wiederaufnahme in das Phloem durch den spezifischen Saccharose/ Protonen-Cotransport. Die Hexosen können über die spezifischen Hexose/ Protonen-Carrier in die Kornanlagen aufgenommen werden.



Für generativ genutzte Kulturpflanzen stellt die Blüte das empfindlichste Entwicklungsstadium dar. Bei starkem Dürrestress kann die Versorgung der Ovarien mit Assimilaten aus der Photosynthese (besonders Saccharose) den erfolgreichen Kornansatz limitieren. Eine geringe Kornzahl wird bis zu einem gewissen Grad durch ein höheres Korngewicht kompensiert. Bei mäßigem Dürrestress wird die Anzahl der Körner reduziert, obwohl genügend Saccharose angeliefert wird. Ursache ist eine ungenügende Entladung des Phloems, die durch mangelnde Sinkaktivität verursacht wird (Abb. 1). Für Mais konnten wir zeigen, dass zwei Schlüsselenzyme für diesen Prozess entscheidend sind. Saccharose wird auf dem Weg zum Sink ständig vom Phloemgewebe in den Apoplasten abgegeben, von wo es durch Protonen/Saccharose-Cotransporter wieder eingesammelt wird. Sink-aktivität bei apoplastischer Phloementladung wird durch Aktivität des Enzyms Saure Invertase aufgebaut, das Saccharose im Apoplasten hydrolytisch spaltet und so die Wiederaufnahme in das Phloem unterbindet. Gleichzeitig wird die Möglichkeit geschaffen, dass die Hexosen über spezifische Carrier in die Ovarien aufgenommen werden (Abb. 1).

Unter salzinduziertem Dürrestress konnten wir zeigen, dass die Aktivität der Sauren Invertase stark reduziert ist und den Kornansatz limitieren kann, weil die Saccharose nicht genügend in die Hexosen gespalten wird. Dabei kam es zu einer Anreicherung der Saccharose und Mangel an Hexosen im Sinkgewebe (Hütsch et al. 2014). Ein weiterer Hinweis, dass die Saure Invertase die Sinkaktivität in den sich entwickelnden Maiskörnern unter Dürrestress maßgeblich bestimmt, ist der Befund, dass die Maissorte Fabregas den Kornansatz unter Dürrestress besser aufrecht erhalten kann und eine sehr hohe Invertase-Aktivität besitzt (Hütsch et al. 2015). Unter anderen experimentellen Bedingungen war zwar die Aktivität der Sauren Invertase ebenfalls *in vitro* gehemmt, aber die Konzentration der Hexosen war nicht reduziert (Hütsch et al. 2015). Erste Ergebnisse deuten darauf hin, dass auch die H⁺-ATPase eine wichtige Rolle für die apoplastische Phloementladung spielt und bei Dürrestress der pH-Gradient nicht vollständig aufgebaut werden kann (Jung, Hütsch und Schubert, unveröffentlicht). Ein niedriger apoplastischer pH-Wert im Sinkgewebe ist erforderlich für die Aktivität der Sauren Invertase und für die Aufnahme von Hexosen im Protonen-Cotransport. Eine Verbesserung der Sinkaktivität von Maiskörnern könnte nicht nur die Ertragsleistung, sondern auch den Harvest Index und damit die Wassernutzungseffizienz maßgeblich verbessern.

Literatur

- Duvick, D. N.: The contribution of breeding to yield advances in maize (*Zea mays* L.). Adv. Agron. 86, 83-145 (2005)
- Eitenmüller, P. T.: Genetische Verbesserung der Salzresistenz von Maishybriden in der ersten Phase des Salzstresses. Dissertation, Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotropologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen (2016)
- Ho, L. C.: Metabolism and compartmentation of imported sugars in sink organs in relation to sink strength. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 39, 355-378 (1988)
- Hütsch, B. W., S. Jung und S. Schubert: Comparison of salt and drought-stress effects on growth and yield formation of maize with regard to acid invertase in the kernels. J. Agron. Crop Sci. 201, 353-367 (2015)
- Hütsch, B. W., M. Saqib, T. Osthusenrich und S. Schubert: Invertase activity limits grain yield of maize under salt stress. J. Plant Nutr. Soil Sci. 177, 278-286 (2014)
- Levitt, J.: Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol I, 2nd Edition, Academic Press, Orlando, USA (1980)
- Lockhart, J. A.: An analysis of irreversible plant cell elongation. J. Theor. Biol. 8, 264- 275 (1965)
- Schubert, S.: Strategien gegen Trockenstress. DLG-Mitt. Heft 3, 64-67 (2006)
- Schubert, S.: Salt resistance of crop plants – Physiological characterization of a multigenic trait. In: The Molecular Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops (M. Hawkesford and P. Barraclough, Hrsg.) Wiley Blackwell, Ames, USA, pp. 443-455 (2011)

Bedeutung sekundärer Pflanzenstoffe für die Qualität von Nahrungspflanzen – Einfluss von Klimafaktoren und pflanzenbaulichen Maßnahmen

Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg (BFS), Justus-Liebig-Universität Gießen, Schubertstr. 81, 35392 Gießen. E-mail: Bernd.Honermeier@agr.uni-giessen.de

Einleitung

Sekundäre Pflanzenstoffe stellen eine chemisch sehr diverse und umfangreiche Gruppe von organischen Verbindungen dar, die in vielen Kultur- und Wildpflanzen synthetisiert werden und in der Regel in sehr geringen Konzentrationen (häufig < 1 % TM) in den Pflanzenorganen vorkommen. Sie sind für den Stoffwechsel der Pflanzen nicht essentiell, da sie nicht direkt an den Wachstumsprozessen beteiligt sind. Sie spielen aber eine große Rolle in der Interaktion von Pflanzen mit ihrer Umwelt und werden u. a. für die Adaption an abiotischen Stress oder zur Abwehr von Pathogenen und Schaderregern genutzt.

Entsprechend der chemischen Struktur dieser Verbindungen werden folgende Klassen unterschieden: Terpene (Hemi-, Mono-, Sesqui-, Di- und Triterpene), phenolische Verbindungen (einfache Phenole, Phenolsäuren, Flavonoide, Xanthone, Phenylpropanoide), Carotinoide, Glukosinolate, Saponine, Sulfide und Alkaloide. Um bestimmte Wirkungen und Eigenschaften zu betonen, werden z. T. auch andere Begriffe für bestimmte Gruppen von sekundären Pflanzenstoffen verwendet, wie z. B. ätherische Öle (Extrakte mit leicht flüchtigen und geruchsintensiven Verbindungen, meist Mono-Terpene, Sesqui-Terpene und Phenylpropanoide) und Phytoöstrogene (Verbindungen mit ähnlicher Wirkung wie Östrogene, z. B. Iso-Flavone und Lignane).

Die Synthesewege vieler sekundärer Pflanzenstoffe sind heute geklärt. Trotzdem steht die Forschung bei der Aufklärung der Funktionen, die diese Verbindungen im Stoffwechsel der Pflanze und in der Interaktion zwischen Pflanze und Umwelt spielen, noch am Anfang.

Sekundäre Pflanzenstoffe im Getreide

In den Karyopsen der Getreidearten kommen Phenolsäuren, Flavonoide, kondensierte Tannine, Lignane, Carotinoide, Avenanthramide und Alkylresorcinole vor (Dykes & Rooney 2007). Unter den Phenolsäuren dominiert bei allen Getreidearten (inkl. Dinkel, Durum, Emmer) die Ferulasäure (4-Hydroxy-3-Methoxy-Zimtsäure), die etwa zwei Drittel der Gesamt-Phenolsäuren ausmacht (Engert & Honermeier 2011). Phenolsäuren und Flavonoide sind in den Samenkörnern vor allem im Perikarp und in der Aleuronschicht lokalisiert, weshalb Kleie und Vollkornmehle wesentlich höhere Gehalte an diesen Verbindungen aufweisen als Auszugsmehle. In zahlreichen Studien wurde gezeigt, dass die im Getreide vorkommenden phenolischen Verbindungen eine hohe antioxidative Aktivität aufweisen (Mazzoncini et al. 2015, Engert et al. 2011, Dykes & Rooney 2007).

Phenolsäuren (insb. die Ferulasäure) spielen auch eine Rolle in der Ausbildung der Backfähigkeit von Weizen und Roggen, da sie mit dem Arabinoxylan (Pentosan) vernetzt sind und so die Viskosität der Teige beeinflussen können. Dieser Zusammenhang wurde sowohl im Weizen als auch im Roggen beobachtet (Piber & Köhler 2005). Beim Roggen, der mit 6 – 8 % TM deutlich höhere Pentosan-Gehalte

als Weizen (2 - 3 % TM) aufweist, dürfte dieser Zusammenhang für die Teigbildung jedoch wichtiger sein als beim Weizen. Das Ausmaß der Vernetzung zwischen dem Arabinoxylan und der Ferulasäure scheint durch die Prozesse der Teigzubereitung beeinflussbar zu sein. Trotz dieser positiven Funktionen werden die Gehalte der Phenolsäuren in den Samenkörnern des Getreides bei der Qualitätsbewertung im Getreidehandel und in den Mühlen nicht berücksichtigt.

Anders als bei Brot-Weizen, Roggen und Gerste sind sekundäre Pflanzenstoffe beim Durum-Weizen durchaus wertbestimmend. Neben dem Proteingehalt, dem Anteil an Kleberproteinen, der Glasigkeit und weiteren Kornmerkmalen, legen der Handel und die Verarbeitungs-Industrie großen Wert auf eine gute Pigmentierung der aus Durum-Weizen hergestellten Grieße und Teigwaren. Die Farbgebung des Durum-Weizens ist durch den Gehalt und die Zusammensetzung der Carotinoide (insb. trans-Lutein, daneben auch Zeaxanthin sowie α - und β -Carotin) bestimmt (Ramachandran et al. 2010). Das gilt nicht nur für den Import-Durum, sondern auch für den in Deutschland (Sachsen-Anhalt, Bayern, Baden-Württemberg) produzierten Durum-Weizen, der in geeigneten Regionen durchaus sehr gute Qualitäten erreichen kann.

Carotinoide werden durch das Enzym Lipoxygenase abgebaut, was zu einem unerwünschten Aufhellungs-Effekt der Körner und Grieße führt. Zusätzlich können infolge der Oxidation phenolischer Verbindungen (durch Polyphenoloxidasen) Farbveränderungen auftreten. Da der Pigment-Abbau mit der Aktivität dieser Enzyme im Samenkorn korreliert, sind enzymschwache Körner, die unter trockenen und kühleren Bedingungen während der Kornfüllungsphase gereift sind, qualitativ günstiger zu bewerten als Körner, deren Kornfüllungsphase unter feuchten Bedingungen abgelaufen ist (Ramachandran et al. 2010). Klimaeinflüsse und Witterungsverlauf während der Kornbildung spielen daher beim Durum-Weizen aber auch beim Backweizen (Einfluss auf Stärke-, Proteineinlagerung und Kornstruktur) und beim Roggen (Einfluss auf Stärke-Abbau durch Amylasen) eine große Rolle.

Tab. 1: Einfluss von Wasser- und Nährstoff-Versorgung auf den Gehalt an sekundären Pflanzenstoffen in Kulturpflanzen (nach ausgewählten Studien)

Sekundäre Pflanzenstoffe	Einflussfaktor	Kulturpflanze	Wirkung	Referenz
Avenanthramide	N-Düngung	Hafer	Abnahme	Dimberg et al. 2005, J Human Environm.
Phenolsäuren	N-Düngung	Hafer	kein Effekt	
Glukosinolate	Wassermangel	Rübsen	Zunahme	Stefanelli et al. 2010, Food Res. Intern.
Glukosinolate	Wassermangel	Raps	Zunahme	Jensen et al. 1996, (Field Crops Res.)
Ätherisches Öl	Wassermangel	Origanum	Zunahme	Azizi et al. 2009 Ind Crops & Products
Flavonoide	N-Düngung	Basilikum	Abnahme	Nguyen & Niemeyer 2008, J Agric. Food Chem.
Flavonoide	N-Düngung	Brokkoli	Abnahme	Jones et al. 2007, Austr. J Exp. Agric.
Lutein	N-Düngung	Tomate	kein Effekt	Bernard et al. 2009, J Agric. Food Chem.
Flavanole	S-Düngung	Stängelkohl	Zunahme	De Pascale 2007 European J Agron.

Einfluss pflanzenbaulicher Maßnahmen auf sekundäre Pflanzenstoffe

Der Einfluss der N-Düngung auf die Gehalte an sekundären Pflanzenstoffen ist je nach Stoffwechselweg der jeweiligen Verbindungen unterschiedlich. Bei Carotinoiden und Terpenen konnten bislang keine eindeutigen Wirkungsrichtungen festgestellt werden. Bei phenolischen Verbindungen (Phenolsäuren und Flavonoide) wurde dagegen in den meisten Untersuchungen eine Abnahme der Gehalte beobachtet (Tab. 1). Als Ursache dafür werden verschiedene Aspekte diskutiert. Am plausibelsten scheint die These zu sein, dass sowohl Proteine als auch Phenolsäuren um die Aminosäure Phenylalanin, die Ausgangsbaustein für die Bildung der Zimtsäure ist, konkurrieren (Ohlson et al. 2009). Daneben wird auch der durch N-Mangel geringere Chlorophyll-Gehalt genannt, der zu einer höheren Lichtempfindlichkeit der Blätter und zu einer stärkeren Flavonol-Produktion im Photosynthese-Gewebe führen kann. Letztlich könnte auch das durch N-Düngung veränderte C:N-Verhältnis in der Pflanze zu einer Veränderung der Synthese von Polyphenolen beitragen.

Sekundäre Pflanzenstoffe in Arznei- und Gewürzpflanzen

Bei den meisten Arznei- und Gewürzpflanzen (AGP) sind sekundäre Pflanzenstoffe für deren Qualität und Verwendung wertgebend. Für nahezu alle Klassen sekundärer Inhaltsstoffe gibt es praktische Beispiele für Pflanzen, die in Deutschland angebaut und verarbeitet werden. So z. B. ätherische Öle (Echte Kamille, Pfefferminze), Iso-Flavone (Rotklee), Phenolsäuren (Artischocke), Carotinoide (Ringelblume) und Naphthodianthrone (Johanniskraut).

In Deutschland werden auf etwa 12.000 ha AGP angebaut, meist in Betrieben, die sich auf diese Produktionsrichtung spezialisiert haben. Zu den bedeutendsten AGP in Deutschland zählen Pfefferminze, Petersilie, Echte Kamille, Zitronenmelisse, Fenchel, Lein, Origanum und Baldrian. Daneben werden aber auch Artischocke, Koriander, Traubensilberkerze, Ringelblume, Dill, Weißer Senf, Meerrettich, Sonnenhut, Ginseng, Wolliger Fingerhut, Schleierkraut, Schöllkraut und viele andere AGP kultiviert.

Die Wachstumsbedingungen (Boden, Klimafaktoren, Licht) der Pflanze und die durchzuführenden agronomischen Maßnahmen (Pflanzung, Pflanzenschutz, N-Düngung, Bewässerung, Erntetermin) haben einen großen Einfluss auf die Qualität der AGP. So ist sehr gut belegt, dass die N-Düngung in vielen Fällen negativ mit den Gehalten an sekundären Pflanzenstoffen (z. B. bei Phenolsäuren, Flavonoiden, Hypericin, Hyperforin) korreliert. So wurde in Versuchen mit gesteigerten N-Gaben die Verminderung der Gehalte an ätherischem Öl bei Origanum (Azizi et al. 2009), an Caffeooyl-Chinasäuren in Artischocke und an Rutin in Buchweizen festgestellt (Hagels et al. 1995). Daneben konnten bei Artischocke die Einflüsse der Pflanzendichte, der Erntehäufigkeit und der Separierung der Blattspreiten auf die Phenolsäure- und Flavonoid-Gehalte bestimmt werden (Ali & Honermeier 2011, Ali & Honermeier 2013). Sehr entscheidend sind auch der Erntetermin, die Erntemethode (Schnitthöhe, Zerkleinerungsgrad) und die Erstverarbeitung (Transport, Zwischenlagerung, Trocknung) der Pflanzen. Infolge enzymatischer Prozesse, die in den Blättern oder anderen Pflanzenorganen auch nach der Ernte ablaufen, kann es bei zu starker Zerkleinerung der Blätter oder bei zu hohen Wassergehalten zu Änderungen der Inhaltsstoffe und zu einer Verschlechterung der Qualität kommen.

Nach gegenwärtigem Stand der Kenntnisse wird sich der Klimawandel mit hoher Wahrscheinlichkeit auf die Anbaueignung und auf die Qualität vieler AGP auswirken. Relativ gut untersucht sind diesbezüglich die Einflüsse von Licht, Ozon und

Wassermangel. So ist bekannt, dass ein moderater Wassermangel bei mediterranen Pflanzen zu einer Erhöhung der Gehalte an ätherischen Ölen (Mono-, Sesquiterpene) führt (Ormeno et al. 2007). Dieser Effekt konnte auch bei *Origanum vulgare* ssp. *vulgare* unter hiesigen Klimabedingungen nachgewiesen werden (Azizi et al. 2009). Daneben wird davon ausgegangen, dass auch die Erhöhung der Lufttemperatur zu einer gesteigerten Produktion von volatilen Verbindungen (Mono-, Sesquiterpene, Phenylpropanoide) in den darauf spezialisierten Trichomen führt (Yuan et al. 2009).

Fazit

Viele der in einheimischen Kulturpflanzen vorkommenden sekundären Pflanzenstoffe (Terpene, Phenolsäuren, Flavonoide, Lignane, Carotinoide, Glukosinolate) besitzen positive ernährungsphysiologische Eigenschaften und können den Wert und die Qualität der daraus hergestellten Produkte erhöhen. Klimaveränderungen können unter bestimmten Konstellationen zu einer Veränderung der Gehalte und der Zusammensetzung sekundärer Pflanzenstoffe führen. Auf Grund ihrer Bedeutung für die Qualität sowie für die Fitness und Interaktion der Kulturpflanzen mit der Umwelt sind weitere Forschungsarbeiten notwendig, um die Funktionen sekundärer Pflanzenstoffe bei sich verändernden Klimabedingungen aufzuklären.

Literatur

- Ali, S., Honermeier, B. (2011): Effect of harvest frequency and plant density on leaf yield and caffeoylquinic acids in artichoke (*Cynara cardunculus* L.), J Medic. & Spice Plants 16 (4), 162-170.
- Ali, S., Honermeier, B. (2013): Flavonoid concentrations of artichoke (*Cynara cardunculus* L.) under the influence of harvest frequency and plant density. J Medic. & Spice Plants 18 (2), 80-86.
- Azizi, A., Yan, F. and B. Honermeier (2009): Herbage yield, essential oil content and composition of three oregano (*Origanum vulgare* L.) populations as affected by soil moisture regimes and nitrogen supply. Industrial Crops & Products, 29 (2-3), 554-561
- Dykes, L., Rooney, L.W. (2007): Phenolic compounds in cereal grains and their health benefits. Cereal Foods World 52 (3), 105-111.
- Engert, N., Honermeier, B. (2011): Characterization of grain quality and phenolic acids in ancient wheat species, J Appl. Bot. & Food Quality 84, 33-39.
- Hagels, H., Wagenbreth, D., Schilcher, H. (1995): Phenolic compounds of buckwheat herb and influence of plant and agricultural factors (*Fagopyrum esculentum* Moench and *Fagopyrum tataricum* Gartner). Current Adv. Buckwheat Res., 801-809.
- Mazzoncini, M., Antichi, D., Silvestri, N., Ciantelli, G., Sgherri, C. (2015): Organically vs conventionally grown winter wheat: Effects on grain yield, technological quality, and on phenolic composition and antioxidant properties of bran and refined flour. Food Chem. 175, 445-451.
- Ormeno, E., Mevi, J.P., Vila, B., Bousquet-Melou, A., Greff, S., Bornin, B., Fernandez, C. (2007) Water deficit stress induces different monoterpene and sesquiterpene emission changes in Mediterranean species. Relationship between terpene emissions and plant water potential. Chemosphere 67, 276–284.
- Piber, M., Koehler, P. (2005): Identification of dehydro-ferulic acid-tyrosine in rye and wheat: evidence for a covalent cross-link between arabinoxylan and protein. J Agric. Food Chem. 53 (13), 5276-84.
- Ramachandran, A., Pozniak, C.J., Clarke, J.M., Singh, A.K. (2010): Carotenoid accumulation during grain development in durum wheat. J Cereal Sci. 52, 30-38.
- Yuan, S.J., Himanen, S.J., Holopainen, J.K., Chen, F., Stewart, C.N. (2009): Smelling global climate change: mitigation of function for plant volatile organic compounds. Trends in Ecology and Evolution 24, 6.

Wirkung unterschiedlicher N-Düngungsstrategien auf Ertrag und Qualität bei Weizen und Raps – langjährige Ergebnisse aus der Landesforschung in Sachsen

Michael Grunert und Annette Schaerff

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen und Pillnitz
E-Mail: michael.grunert@smul.sachsen.de, annette.schaerff@smul.sachsen.de

Einleitung

Die Landwirtschaft steht vor der Aufgabe, die Effizienz der Stickstoffdüngung weiter zu verbessern. Zusammen mit den klimatischen Veränderungen stellt dies eine große Herausforderung dar. Den Betrieben eröffnet sich eine Reihe von Handlungsoptionen, die aber z. T. noch nicht ausreichend erforscht und/oder praxiserprobt sind. Einige sind Gegenstand des Vortrags. Zielstellung muss dabei ein wirtschaftlicher Anbau mit geringerem N-Bilanzüberschuss und der Minimierung negativer Wirkungen auf die Umwelt (Nitratverlagerung im Boden, gasförmige N-Verluste in die Atmosphäre) sein.

Zu ausgewählten Themen werden im Sächsischen Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG) mehrjährige praxisorientierte Exaktversuche auf typischen sächsischen Standorten durchgeführt, um Wirkungen quantifizieren, Zusammenhänge erkennen und kultur-, standort- und maßnahmespezifische Handlungsempfehlungen für die landwirtschaftliche Praxis ableiten zu können.

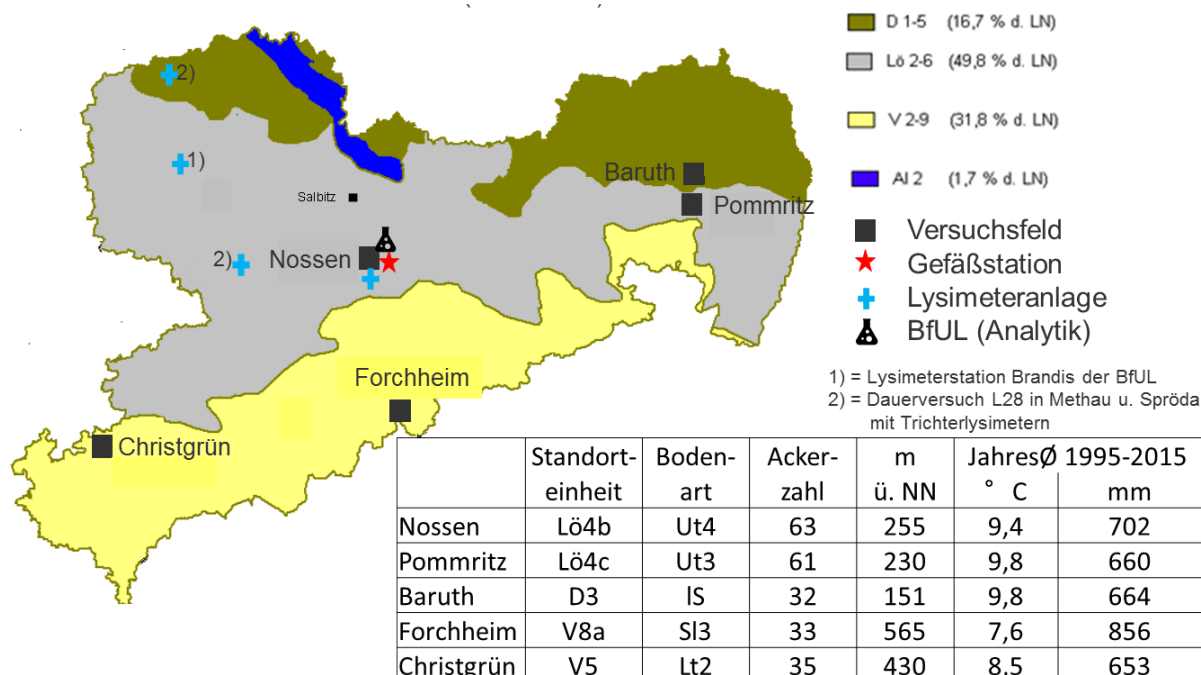


Abb. 1: Versuchsstationen und Prüffelder im pflanzenbaulichen Versuchswesen des Sächsischen Landesamtes für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

Material und Methoden

Hierfür werden die eigenen Versuchsstationen auf den maßgeblichen Standorten Sachsens, Lysimeteranlagen sowie die Gefäßstation genutzt (Abb. 1). Dies wird

durch Untersuchungen auf Praxisflächen ergänzt. Die Zusammenarbeit mit anderen Bundesländern wird derzeit weiter vertieft, um fundierte Aussagen treffen und Kapazitäten besser nutzen zu können. Die Exaktversuche werden mit vier randomisierten Wiederholungen mehrjährig angelegt, so dass eine statistische Auswertung erfolgen kann. Prüfmerkmale sind in allen Versuchen jeweils u. a. Ertrag, Erntegutqualität, Bestandeskennziffern, Nährstoffzufuhr, -gehalt, -entzug und -bilanz, N_{\min} vor Winter, zu Vegetationsbeginn und nach Ernte sowie die Wirtschaftlichkeit.

In Tabelle 1 werden ausgewählte Versuchsthemen aufgelistet, bei denen N-Effizienz und N-Bilanz den zentralen Punkt darstellen. Gleichzeitig ist zu entnehmen, auf welche Themen in dem Vortrag am 29.09.2016 in Gießen eingegangen wurde und in welchen Veröffentlichungen Ergebnisse nachgeschlagen werden können.

Übergreifende Darstellungen der Möglichkeiten zur Optimierung der N Düngung sind u. a. GRUNERT (2013) und GRUNERT (2015 a und b) zu entnehmen.

Alle Boden- und Pflanzenproben der vorgestellten Versuche wurden nach den Methoden des VDLUFA durch die Staatliche Betriebsgesellschaft für Umwelt und Landwirtschaft (BfUL) analysiert. Die Durchführung der Injektionsversuche wurde von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert.

Tab. 1: Parzellen- und Lysimeterversuche mit Bezug zu N-Effizienz und N-Bilanz zu Winterweizen und Winterraps im LfULG (Auswahl)

Thema	Art	Orte	Jahre	Vortrag	Ergebnisse in weiteren Quellen
Wirkung differenzierter mineralischer und organischer N-Düngung auf Ertragsbildung, Nährstoffaufnahme, -bilanzen, Bodeneigenschaften, Nitrat-Verlagerung	D L	2	seit 1965	-	Grunert, Albert (2012), Albert (2013), Albert, Grunert (2013), Grunert (2015 c)
Prüfung stabilisierter mineralischer N-Dünger zu Winterweizen	P	4	2004-2015	X	Grunert (2013)
Wirkung von Stallmist, Rindergülle, Komposten und abgestufter mineralischer N-Düngung in einer Fruchtfolge incl. der Nachwirkung	D	1	1996-2014; Nachbau -2017	-	Daubitz (2009)
N-Düngung zu Winterraps incl. Biomasseabhängigkeit und Prüfung Herbsdüngung	P	4	seit 2000	X	Schliephake (2011), Schliephake, Müller (2014), Grunert (2016)
Vergleich mineralischer N-Düngemittel bei optimalem und reduziertem N-Düngungsniveau	D	3	2000-2014	X	Albert, Grunert (2013 b), Grunert, Albert (2014)
N-Düngebedarfsermittlung zu Winterweizen	P	4	seit 2000	X	Grunert (2013)
Injektionsdüngung mit mineralischem Stickstoff zu Winterweizen	P	3	2010-2015	X	Farack, Albert (2011)
Injektionsdüngung mit mineralischem Stickstoff zu Wintergerste	P	1	2010-2015	-	Farack, Albert (2011)

Injektionsdüngung mit mineralischem Stickstoff zu Winterraps	P	3	2010-2015	X	Farack, Albert (2011), Grunert, Schaerff, Schmidt (2014), Schliephake, Müller (2014)
Einfluss von Bodenbearbeitungsintensitäten auf Sickerwasserbildung, Nährstofffrachten und Ertrag	L	1	seit 1999	-	Albert (2013)

D = Dauerversuch, auf gleicher Feldfläche

L = Lysimeterversuch

P = Parzellenversuch, jährlich auf anderem Feldstück

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Untersuchungen können für die geprüften Standortbedingungen wie folgt kurz zusammengefasst werden:

- Die Ergebnisse belegen im mehrjährigen Mittel auf allen vier geprüften Standorten keine Vorteile einer zusätzlichen Herbst-N Gabe zu Winterraps. Das Vorziehen einer Teilgabe von 50 kg N vom Frühjahr auf den Herbst erscheint nur auf Lö-Standorten bei sehr hohem Ertragsniveau als möglich. Eine pauschale Herbst-N-Düngung zu Winterraps ist unabhängig vom Aussattermin nicht zu empfehlen.
- Die Berücksichtigung der im Herbst gewachsenen Biomasse und damit der Stickstoffaufnahme der Pflanzen sollte bei der N-Düngebedarfsermittlung zu Raps Standard sein. Hier sind erhebliche Potenziale für eine geringere und dabei ertragsneutrale N-Düngung erschließbar. Im Ergebnis wird vor allem die Überdüngung üppiger Bestände vermieden. Dies hat positive Auswirkungen auf N-Ausnutzung, N-Saldo und Wirtschaftlichkeit.
- Im Mittel der ausgewerteten 14 Versuchsjahre erweisen sich Varianten als sehr gut, bei denen die Ermittlung des N-Düngebedarfs zur 1. Gabe des Winterweizens mit dem Düngebedarfsmodell BEFU erfolgte, zur 2./3. Gabe mit Nitratschnelltest.
- Zur Bemessung der 2. und 3. N-Gabe zu Winterweizen sollten bestandesabhängige Bemessungsverfahren verwendet werden. Die Ergebnisse zeigen, dass die jährliche Anwendung der im Mittel der 14 Jahre günstigsten Variante nur geringe Verbesserungen bewirkt, da hier die Jahresspezifika nicht berücksichtigt werden. Die Bemessung der N-Gaben in Abhängigkeit der konkreten jährlichen Bedingungen (Bestandesentwicklung) führt zu deutlichen Verbesserungen bei Ertrag und N-Saldo.
- Eine pauschale Reduzierung der N-Düngung ist nicht zielführend. Sie gefährdet den wirtschaftlichen Anbau und die im mitteldeutschen Trockengebiet wichtige Vermarktung von Qualitätsweizen.
- Bei kombinierter mineralischer und organischer N-Düngung (Stallmist) können langjährig in Ertragsniveau und N-Saldo ähnliche Werte erreicht werden wie bei gleichem N-Gesamtaufwand mit rein mineralischer N-Düngung.
- Im Dauerversuch auf 2 Standorten konnte belegt werden, dass bei zunehmender N-Zufuhr mit steigenden N-Bilanzsalden, erhöhten N_{\min} -Werten im Herbst und zunehmender N-Verlagerung (Einwaschung in 60 cm tief liegende Trichterlysimeter) gerechnet werden muss.
- Der Einsatz spezieller N-Dünger und Applikationstechniken bietet Chancen für eine höhere Ertragssicherheit insbesondere in Trockenphasen. Beispiele sind stabilisierte mineralische N-Dünger und die mineralische N-Injektionsdüngung. Die reine Auswahl der Stickstoff-Form der Düngemittel bietet nur ein begrenztes Potenzial.

- Die Injektion mineralischen Stickstoffs zu Winterweizen erweist sich auf den drei geprüften Standorten als ökonomisch und ökologisch tragfähig, jedoch mit standortabhängig unterschiedlichen Vorzugsvarianten.
- Mit mineralischer N-Injektionsdüngung zu Winterraps konnten auf den drei Standorten nur in Einzelvarianten vergleichbare Ergebnisse wie mit dem Standardverfahren zweimaliger KAS-Düngung erzielt werden.
- Beim Einsatz von stabilisiertem mineralischem Stickstoff zu Winterweizen ergaben sich deutliche Unterschiede in Abhängigkeit vom verwendeten Dünger und dem Standort. Zumeist erwies sich die stabilisierte N-Düngung mit Zusammenfassung von 2. und 3. Gabe als erfolgreich.
- Die optimale Gestaltung aller Produktionsfaktoren ist eine Grundvoraussetzung für effizienten Stickstoffeinsatz und die Erreichung der ökonomischen und ökologischen Zielstellungen. Zu beachten ist in Mitteleuropa insbesondere die weiter zunehmende drastische P- und K-Unterversorgung der Ackerflächen (in Sachsen bei P: 55 % in Gehaltsklasse A und B; bei K: 40 %).
- Die Ergebnisse der Untersuchungen fließen in das sächsische Düngebedarfs- und Bilanzierungsmodell BEFU ein, welches bis Ende 2016 auf die Erfordernisse der novellierten Düngeverordnung und für mehrere Bundesländer angepasst wird. Derartige Modelle bieten eine hohe Gewähr für eine sachgerechte, wirtschaftliche und umweltverträgliche Düngung.

Zu allen Versuchen können Versuchsfrage, Prüffaktoren, Versuchsorte, Laufzeit, Ergebnisse und Schlussfolgerungen den jährlichen Berichten im Internet des LfULG entnommen werden (<http://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/2774.htm>).

Die Ergebnisse leisten einen Beitrag zur Optimierung der Anbauverfahren in der landwirtschaftlichen Praxis. Die sich ändernden Rahmenbedingungen (gesetzliche Vorgaben, Witterungsbedingungen ...), neue Entwicklungen und Techniken machen auch weiterhin derartige Untersuchungen notwendig.

Literatur

- ALBERT E. (2013): Untersuchungen zur Stickstoffauswaschung bei differenzierter mineralisch-organischer Düngung sowie bei unterschiedlicher Bodenbearbeitung. In: Knoblauch, S., Albert, E., Haferkorn, U., Heyn, J., Herold, L., Lippold, T., Lehmann, E., Lorenz, J., Zachow, B., Meißner, R., Seeger, J., Schrödter, M., Strauß, C. (2013): Kooperation Lysimeter - Wirkung landwirtschaftlicher Nutzung auf die N-Auswaschung anhand langjähriger Lysimetermessungen in Mittel- und Nordostdeutschland und Schlussfolgerungen für die Minimierung der N Befruchtung der Gewässer., Broschüre, LfULG, Pillnitz, 2013, S. 143–175, im Internet: <https://publikationen.sachsen.de/bdb/artikel/20214>
- ALBERT, E., GRUNERT, M. (2013 a): Wirkung einer langjährig differenzierten mineralisch-organischen Düngung auf Ertrag, Humusgehalt, N Bilanz und Nährstoffgehalte des Bodens. In: Archives of Agronomy and Soil Science, Volume 59, Issue 8, 2013.
- ALBERT, E., GRUNERT, M. (2013 b): Welcher N Dünger ist der richtige? In: DLG Mitteilungen, Heft 3 2013, S. 15–18.
- DAUBITZ, P. (2009): Wirkung von Komposten und Wirtschaftsdüngern in Kombination mit steigender mineralischer N Düngung auf Erträge und Bodeneigenschaften. Masterarbeit, Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenernährung.
- FARACK, K., ALBERT, E. (2011): Injektionsdüngung, Schriftenreihe des LfULG, Heft 12/2011. Wittmann und Nguyen Xuan Thinh. (ASIM-Mitteilung AMB, 91), Aachen.

- GRUNERT, M. (2013): Geringere N Bilanzen und Qualitätsgetreideanbau, ein lösbares Problem? Vortrag auf der Qualitätsgetreidetagung des LfULG am 10.09.2013 in Groitzsch, Datei der Präsentation unter:
www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Getreidetag_2013_Dr_Grunert.pdf
- GRUNERT, M. (2015 a): Intensiver Ackerbau - wo liegen die Grenzen in der Düngung? Vortrag auf der DLG Fachtagung Ackerbau am 24.04.2015 auf der agra in Leipzig.
- GRUNERT, M. (2015 b): Herausforderung Stickstoff-Effizienz – Welche Optimierungspotenziale bietet die Düngung? Vortrag auf der Fachtagung „Nährstoffeffizienz in der Landwirtschaft“ des Landesarbeitskreises Düngung Brandenburg/Sachsen/Thüringen am 09.07.2015 in Nossen. Datei der Präsentation unter: http://www.iva.de/sites/default/files/vortrag_grunert_lfulg_dr_grunert_duengung_09.07.2015.pdf
- GRUNERT, M. (2015 c): Der Dauerdüngungsversuch L28, Aufbau, Anlage und Ergebnisse zur Nährstoffeffizienz in Methau und Spröda. Vortrag auf der Fachveranstaltung „50 Jahre Dauerversuche L28 in Methau, Spröda, Bad Salzungen“ am 08.12.2015 in Nossen. Datei der Präsentation unter:
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/05_Endfassung_Grunert_L28MeSp_Nossen_Vortrag_2015_12_08_2.pdf
- GRUNERT, M. (2016): Aktuelle Hinweise zur Frühjahrsdüngung 2016. Vortrag auf der Pflanzenbautagung des LfULG 26.02.2016 in Groitzsch, Datei der Präsentation unter:
https://www.landwirtschaft.sachsen.de/landwirtschaft/download/Grunert_Duengung.pdf
- GRUNERT, M., ALBERT, E. (2012): Mineralisch-organische Düngung in Dauerversuchen – Wirkung auf Erträge, Boden und N Bilanzen. In: VDLUFA-Schriftenreihe Band 68/2012, Kongressband, VDLUFA, Darmstadt, ISBN 978 3 941273 13 9, 2012, S. 493–503.
- GRUNERT, M., ALBERT, E. (2013): Stickstoffwirkung unterschiedlicher N-Düngerformen im Dauerversuch. In: VDLUFA-Schriftenreihe Band 69/2014, Kongressband, VDLUFA, Darmstadt, ISBN 978 3 941273 15 3, S. 367–374.
- GRUNERT, M., ALBERT, E. (2014): Stickstoffdünger im Vergleich. In: dlz agrarmagazin, 02/2014, S. 48–51.
- GRUNERT, M., SCHAERFF, A., SCHMIDT, A. (2014): Das wirtschaftliche Ergebnis zählt. Mineralische N-Injektionsdüngung zu Raps. In: Landwirtschaft ohne Pflug, Heft 8 2014, S. 35–43
- SCHLIEPHAKE, W. (2011): Teilflächendüngung auf trockenen Standorten. Schriftenreihe des LfULG, Heft 17/2011.
- SCHLIEPHAKE, W., MÜLLER, P. (2014): Strategien zur Verbesserung der Stickstoffeffizienz im Hinblick auf die EU Wasserrahmenrichtlinie, den Klimaschutz und die Anpassung an den Klimawandel. Schriftenreihe des LfULG, Heft 24/2014

Untersuchungen zur Bestäubungsökologie von Arzneipflanzen: How insects spice up their lives

André Hamm¹, Ralf Pude² und Hanna Blum²

Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, ¹ INRES Agrar- und Produktionsökologie;

² Außenlabore Campus Klein-Altendorf, Rheinbach. E-Mail: a.hamm@uni-bonn.de

Einleitung

Unter Ökosystemfunktionen verstehen wir Prozesse und Funktionen, die Ökosysteme aufrechterhalten und deren Fortbestehen sichern. Sie tragen nicht nur dazu bei, dass sauberes Wasser oder gute Böden zur Verfügung stehen, sondern sind im Falle der ökosystemaren Funktion der Bestäubung wesentlich für den Erhalt bzw. die Förderung der Biodiversität in den (Agrar-)Ökosystemen verantwortlich. In Deutschland sind über 80% der blühenden Pflanzen auf die Bestäubung durch Tiere insbesondere durch (Honig-) Bienen angewiesen. Die wirtschaftliche Bedeutung der sogenannten „biodiversitätsbasierten Ökosystemdienstleistung“ der Bestäubung wird weltweit auf 153 Milliarden US-Dollar beziffert (Gallai et al. 2009). Beim Anbau vieler Nutzpflanzen ist die Bestäubung eine Grundvoraussetzung für gute Erträge und hohe Qualitäten. Nach wie vor ist die Honigbiene *Apis mellifera* weltweit die wichtigste bestäubende Art. In jüngster Zeit ist in bestimmten Teilen der Erde und auch in Europa ein erheblicher Rückgang der Honigbienenpopulationen zu beobachten. Es ist daher zwingend notwendig insbesondere in den Agrarökosystemen auch natürliche Bestäuber zu fördern. Hierzu ist neben der Bereitstellung geeigneter Nistplätze (Strukturvielfalt) auch eine durchgängige Verfügbarkeit der floralen Ressourcen Pollen und Nektar unbedingt notwendig.

Vor diesem Hintergrund beschäftigte sich eine Studienreihe der Universität Bonn (INRES Nachwuchsende Rohstoffe und Agrar- und Produktionsökologie) mit der Bestäubungsökologie von Arzneipflanzen. Erste Untersuchungen konzentrieren sich auf die Körnerfrüchte Koriander (*Coriándrum satívum* L.), Fenchel (*Foenículum vulgáre* MILL.) und Kümmel (*Carum carvi* L.).

Material und Methoden

Im Rahmen der Studie wurde die Zusammensetzung der Zönosen der blütenbesuchenden Insekten untersucht. Hierbei spielte sowohl das Auftreten der einzelnen Arten als auch deren Abundanzen eine Rolle. Parallel dazu wurden die Pollen- und Nektarmengen, die von den Modellpflanzen produziert wurden und somit den Blütenbesuchern potenziell zur Verfügung standen quantifiziert. Die Untersuchungen wurden während der Blüte des Korianders, Kümmels und Fenchels (2010-2015) auf zwei Versuchsbetrieben der Universität durchgeführt, dem Campus Klein-Altendorf (Rheinbach) und dem Wiesengut (Hennef).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt konnten auf den Blüten des Korianders 44 und auf denen des Fenchels sogar 75 Taxa blütenbesuchender Insekten erfasst werden. Die nachgewiesenen Taxa gehören wiederum insgesamt sechs Insektenordnungen an: Hymenoptera, Diptera, Neuroptera, Coleoptera, Lepidoptera und Hemiptera. Die Zönose der Insekten, die auf den Blüten der beiden Gewürzpflanzen Koriander bzw. Fenchel

nachgewiesen werden konnte, kann daher als außerordentlich artenreich bezeichnet werden.

Apis mellifera L. war häufig mit den meisten Individuen auf den Blüten zu beobachten. Ihre Abundanz wurde jedoch stark vom Trachtangebot in der Umgebung beeinflusst: So nahm ihre Aktivität auf den Korianderblüten deutlich mit dem Blühbeginn des Springkrautes *Impatiens glandulifera* ROYLE an den nahegelegenen Siegufern ab. Fenchelblüten wurden erst von Honigbienen besucht, nachdem die Futtermalve auf einem Nachbarfeld geerntet wurde. Weitere Blütenbesucher mit hoher Abundanz waren verschiedene Sandbienen der Gattung *Andrena* (Apidae) auf Koriander und Faltenwespen der Gattung *Vespula* (Vespidae) auf Fenchel sowie Schwebfliegen- (Syrphidae), Schmeißfliegen- (Calliphoridae) und Echte Fliegen-Arten (Muscidae) auf beiden Pflanzenarten.

Die Ergebnisse zeigen, dass Fenchel und Koriander ergiebige Nahrungspflanzen für eine Vielzahl an blütenbesuchenden Insekten darstellen und ihre Kultivierung daher einen wichtigen Beitrag zum Erhalt der Biodiversität, insbesondere in schwach strukturierten, ausgeräumten und blütenleeren Agrarlandschaften, leistet.

Literatur

GALLAI, N., SALLES, J.-M., SETTELE, J. & B. E. VAISSIERE (2009): Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics* 68, 810 – 821

Eignung von ausgewählten Pflanzen-Extrakten zur Bekämpfung von Oomyceten

Angelo Cammalleri und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Professur für Pflanzenbau, Justus-Liebig-Universität Gießen, 35392 Gießen, Schubertstr. 81. E-Mail: Angelo.Cammalleri@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Im ökologischen Gemüsebau treten bei zahlreichen Gemüsearten Ertrags- und Qualitätsverluste auf, die durch eine Infektion mit biotrophen Oomyceten (Peronosporomycetes) verursacht sind. Bedeutende Vertreter der Peronosporomycetes sind z. B. *Peronospora parasitica* (bei Radies, Kohlrabi, Rettich, Kohl), *Bremia lactucae* (bei Kopfsalat, Endivie), *Peronospora farinosa* f. sp. *spinaciae* (bei Spinat) oder *Phytophthora infestans* (bei Kartoffeln, Tomate). Eine wirkungsvolle direkte Bekämpfung von Oomyceten ist in ökologisch wirtschaftenden Gemüsebaubetrieben nur mit Kupferpräparaten und den damit verbundenen negativen Auswirkungen auf die Bodenfauna möglich. Alternativ zu Kupferpräparaten werden präventiv applizierte Pflanzenextrakte untersucht, die gegen Oomyceten unter geschützten Anbaubedingungen relativ gute Wirkungsgrade erreichen können (Leinhos & Marx 2014, Schuster et al. 2008).

Das Ziel der Untersuchungen bestand deshalb darin, die Wirkung von Extrakten aus Süßholz-, Salbei- und Lorbeer-Blättern gegen *Phytophthora infestans* unter kontrollierten Bedingungen zu klären.

Material und Methoden

Es wurden die Blattrogen von *Glycyrrhiza glabra*, *Laurus nobilis* und *Salvia officinalis* als Rohstoffe für die Herstellung der in den Versuchen untersuchten Extrakte verwendet. Die Extraktion wurde unter Verwendung von Ethanol als Lösungsmittel mittels Soxhlet-Methode durchgeführt. Die gewonnenen Rohextrakte wurden in 40 ml Ethanol (96 %ig) aufgenommen und weiterverdünnt. Die Extrakte wurden *in vitro* gegen *Phytophthora infestans* auf Tomatenagar-Nährmedium sowie *ad planta* auf Tomatenpflanzen (Sorte Harzfeuer) im Entwicklungsstadium BBCH 14 und im Pathosystem *Peronospora parasitica* bei Radies auf deren Wirksamkeit getestet.

Ergebnisse und Diskussion

In den durchgeführten Versuchen (*in vitro*) wurden mit den Extrakten aus Süßholzblättern gegen *Phytophthora infestans* Wirkungsgrade (nach Abbott) von bis zu 100 % erreicht (Tab. 1). Auch mit Extrakten aus Salbei- und Lorbeer-Blättern wurde das Myzelwachstum von *P. infestans in vitro* in starkem Maße gehemmt. Die Konzentrationen, bei denen eine inhibierende Wirkung erreicht wurde, lagen bei 0,5 % für Süßholzextrakte und 1 % für Lorbeerextrakte. Eine vollständige Hemmung des Myzelwachstums durch Salbeixtrakt wurde ab einer Konzentration von 3 % erreicht.

Versuche, die im Gewächshaus mit Tomaten (*ad planta*) durchgeführt wurden, zeigten, dass die präventiv applizierten Extrakte aus Süßholz- und Lorbeerblättern die Versuchspflanzen sehr gut vor einer Infektion (bei 100.000 Sporen pro ml Inokulum) mit *P. infestans* und *Peronospora parasitica* schützten (Daten nicht gezeigt). Die Wirkungsgrade lagen mit Süßholz bei 94 (5 %ige Konzentration) bzw. 97 % (10 %ige Konzentration) und mit Lorbeer bei 75 (5 %) bzw. 95 % (10 %). Die

Werte erhöhten sich 24 Stunden nach der Applikation auf 97 bzw. 98 % (Süßholz) und auf 100 % bei Lorbeer.

Tab. 1: Wirkungsgrad von Pflanzen-Extrakten gegenüber *Phytophthora infestans* auf präpariertem Tomaten-Agar (*in vitro*-Versuch)

Varianten (Pflanzen)	Konzentration im Nährmedium (v/v)	Wirkungsgrad (%)
Süßholz	0,1 %	85
Süßholz	0,5 %	99
Süßholz	1 %	99
Süßholz	3 %	99
Süßholz	5 %	99
Salbei	0,1 %	12
Salbei	0,5 %	34
Salbei (niedrig)	1 %	57
Salbei (mittel)	3 %	99
Salbei (hoch)	5 %	99
Lorbeer	0,1 %	9
Lorbeer	0,5 %	67
Lorbeer (niedrig)	1 %	99
Lorbeer (mittel)	3 %	99
Lorbeer (hoch)	5 %	99
Süßholz 14 S	0,1 %	79
Süßholz 14 S 1 %	1 %	99
Mischung (Süßholz + Salbei + Lorbeer)	1,5 %	99

Als Ursache für die Wirksamkeit der geprüften Pflanzenextrakte werden direkte fungizide Wirkungen durch die in den Extrakten enthaltenen Sekundärmetabolite (Mono- und Sesquiterpene, phenolische Verbindungen) vermutet. Darüber hinaus werden auch resistenzinduzierende Effekte der ethanolischen Pflanzenextrakte nicht ausgeschlossen.

Die Extrakte aus Süßholz- und Lorbeerblättern zeigten bei präventiver Applikation vielversprechende Wirkungen gegen Oomyceten und scheinen zur Regulation dieser bedeutenden Phytopathogene geeignet zu sein. Weitere Untersuchungen sind jedoch erforderlich, um die Wirkungssicherheit und Wirkungsdauer dieser Extrakte unter natürlichen Wachstumsbedingungen zu verbessern.

Literatur

- Leinhos, G., Marx, P. (2014): Entwicklung eines biologischen Pflanzenschutzmittels aus Süßholz mit sicherer Wirkung im Freiland unter Nutzung effizienter Anwendungstechnik. Arbeitsschwerpunkt 2: Anwendung im Freiland. BÖLN Forschungsprojekte 09OE038 und 09OE102 Abschlussbericht.
- Schuster, C. Konstantinidou-Doltsinis, S., Schmitt, A. (2008): Untersuchung der Wirksamkeit eines Pflanzenextraktes gegen die Braunfäule an Tomatenpflanzen (*Phytophthora infestans*). Mitt. Julius Kühn-Institut 419, S. 43.

Yield, physiological and biochemical parameters of *Calendula officinalis* L. under foliar ecological fertilization

Vasilica Onofrei¹, Bernd Honermeier², Marian Burducea³, Andrei Lobiuc^{3,4}, Gabriel-Ciprian Teliban¹ and Teodor Robu¹

¹ "Ion Ionescu de la Brad" University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine of Iași - U.A.S.V.M., Mihail Sadoveanu Str. 3, Iași, 700490, Iași, Romania, e-mail: redactor_sef@yahoo.com

² Institute of Agronomy & Plant Breeding I, Justus Liebig University Giessen, Schubertstr. 81, D-35392 Giessen

³ „Alexandru Ioan Cuza” University of Iasi, Carol I Bd., 11, 700506, Iași, Romania

⁴ „Stefan cel Mare” University of Suceava, Universitatii Street, 13, Suceava, Romania

Introduction

Marigold (*Calendula officinalis* L.) is an annual herb belonging to the family of Asteraceae, native to Mediterranean region (Crăciun *et al.*, 1997; Păun *et al.*, 1988). It is an important medicinal plant with antiphlogistic, choleric, antimicrobial, antidermatitic, and anticancer effects. The outstanding therapeutic properties of marigold are determined by diverse range of biologically active substances they contain (carotenoids, triterpenoids, flavonoids, volatile oil, coumarins, mucilages, cholesterol esters, amino acids) (Britton *et al.* 1995, Hawkins *et al.* 2012). Because agriculture has a significant impact on the human health and natural environment, recent years have seen increasing growth in sustainable agriculture-oriented sectors of the agricultural economy, including products marketed as “organic” (Butnariu and Coradini 2012). Cultivation of medicinal plants like marigold may contribute to sustainable farming in future. The objective of the current study was to evaluate the effects of selected ecological foliar fertilizers possible used in organic farming on the yield and physiological parameters of marigold.

Material and Methods

Seeds of *Calendula officinalis* L. cv. Orange-Farbige were sown on May 8th 2015 on the research field of the U.A.S.V.M. Iași, Romania. The foliar fertilizers used are complex solutions, containing plant growth stimulators (auxins, cytokinins, gibberellins), organic acids, vitamins, plant enzymes and trace elements (Mg, Zn, Mn, Cu, B, Ca, Mo, Co, Ni). The experimental variants were: control, Fylo (0.25%), Geolino Plants & Flowers (0.1%), Cropmax (0.1%) and Fitokondi (0.1%). The macronutrient contents of fertilizers are: N% (Fylo 32.3, Geolino 18.7, Cropmax 0.2, Fitokondi 0.02), P% (Fylo 1.3, Geolino 0.64, Cropmax 0.4, Fitokondi 0.01) and K% (Fylo 1.04, Geolino 7.2, Cropmax 0.02, Fitokondi 0.26). Fertilization was applied twice (26.06. and 18.07.2015). Chlorophyll fluorescence (Fv/Fm) was measured using a FMS2 fluorometer (Hansatech UK). Assimilatory pigments were determined with a portable CCM-200 Plus device. Content of total phenolics and flavonoids as well as antioxidant activity were determined spectrophotometrically (Herald *et al.*, 2012). Statistical analyses was carried out by ANOVA and Tukey tests.

Results and Discussion

Over the whole growth period of marigold there were positive yield effects caused by the application of Cropmax, Fitokondi and Fylo (fig. 1). Highest yield per plant was recorded in Cropmax treatment on August 31st (145 g/plant) compared to control plants with 105 g (fig. 1). Our results are similar to the findings of Rafie *et al.* (2013)

who found that foliar application of Humiforte (1.5 l/ha) caused an increase of flower dry weight by 37%.

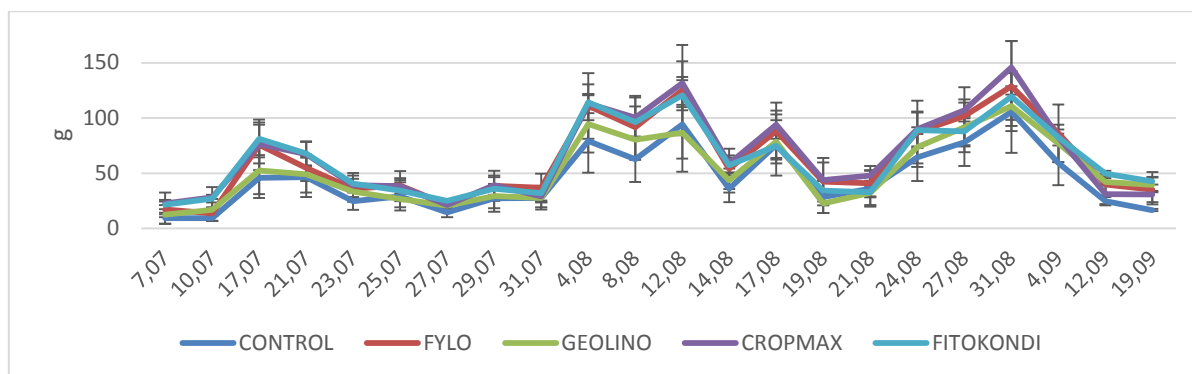


Fig. 1: Flower yields of marigold cultivated under different foliar fertilization

There was no influence of the foliar fertilization on content of assimilatory pigments of marigold plants. Furthermore, chlorophyll fluorescence values among treatments were not significantly different (data not shown).

The fertilizers Geolino, Cropmax and Fitokondi caused significant increase in polyphenolic (plus 29%, 28% and 52%) and flavonoid (plus 68%, 69% and 88%) contents of treated plants compared to the control. The marigold samples from the same treatments were characterized by increased antioxidant capacity determined as DPPH scavenging activity (fig. 2). It seems there is a close relation between total phenolic content and antioxidant capacity determined in marigold flowers.

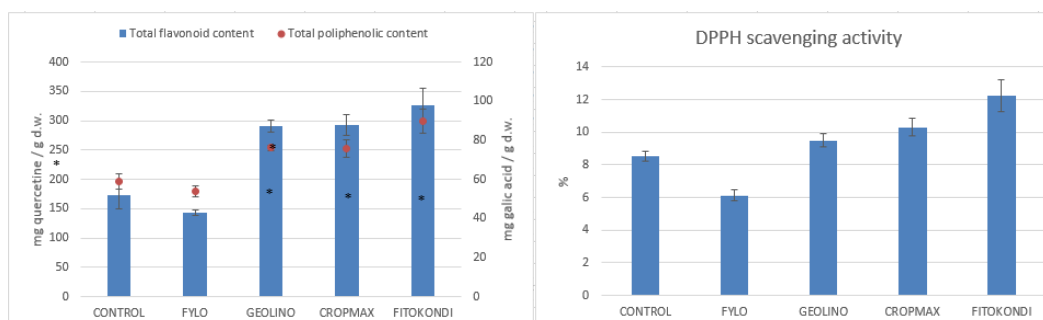


Fig. 2. Polyphenolic contents, total flavonoids and antioxidant activity of marigold under different foliar ecologic fertilization

It can be stated that the investigated fertilizers caused significant variation in flower yield and quality of marigold. More investigation is necessary to clarify the background of these effects.

Literature

- Britton G., Liaaen-Jensen S., Pfander H., 1995, Carotenoids, Basel, Birkhauser Verlag, Vol. 1A.
- Butnariu M. and Coradini C.Z., 2012, Evaluation of Biologically Active Compounds from *Calendula officinalis* flowers using Spectrophotometry, *Chemistry Central Journal*, 6:35.
- Hawkins G., Burnett S.E., Stack L.B., 2012, Survey of Consumer Interest in Organic, Sustainable, and Local container-grown Plants in Maine. *Horttechnology* 22 (6):817-825.
- Herald T.J., Gadgil P., Tilley M., 2012, High-throughput micro plate assays for screening flavonoid content and DPPH-scavenging activity in sorghum bran and flour. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(11).
- Rafiee H., Mehrafarin A., Qaderi A., Kalate Jari S., Naghdi Badi H., 2013, Phytochemical, Agronomical and Morphological Responses of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.) to Foliar Application of Bio-stimulators (Bioactive Amino Acid Compounds), *Journal of Medicinal Plants*, 3(47): 48-61.

Blatterträge und Scopolamin-Gehalte von *Duboisia* sp. bei variierenden Kultivierungsbedingungen

Sabine Oster, Julia Sparke und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg (BFS), Justus-Liebig-Universität Gießen, Schubertstr. 81, 35392 Gießen. E-mail: Sabine-Oster@gmx.de

Einleitung

Pflanzen der Gattung *Duboisia* (Solanaceae) akkumulieren in den Blättern das Tropanalkaloid Scopolamin, welches nach der Extraktion aus den getrockneten Blättern zu Medikamenten verarbeitet wird. Scopolamin fungiert als Wirkstoff zur Therapie der Reisekrankheit sowie als Ausgangsstoff für partialsynthetische Anticholinergika. Bislang ist es nicht gelungen, durch chemische Vollsynthese des Scopolamins eine ökonomisch vertretbare Alternative zur Extraktion dieses Alkaloids aus *Duboisia* zu erreichen. Auch die Überexpression der biosynthetischen Gene für den Tropanalkaloid-Stoffwechsel führte bislang nicht zur Erhöhung der Wirkstoffgehalte (Hashimoto & Yamada 2003, Palazon et al. 2003). Aus diesem Grund stellt die Rohstoffgewinnung der alkaloidreichen Blattdroge auf der Basis von *Duboisia* die einzige ökonomisch vertretbare Alternative dar.

Es wird davon ausgegangen, dass die Scopolamin-Gehalte in den Blättern sowie die Scopolamin-Erträge pro Fläche neben der genetischen Disposition auch durch die Kultivierungsbedingungen (Wasserversorgung, N-Ernährung, Licht) beeinflusst werden (Gryniewicz & Gadzikowska 2008). Trotz der Tatsache, dass diese Pflanze bereits seit langem kultiviert wird, sind viele Einflussfaktoren nach wie vor nicht geklärt.

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, den Einfluss der N-Düngung auf die Blatterträge und die Scopolamin-Gehalte in den Blättern von *Duboisia* in Parzellenversuchen zu klären.

Material und Methoden

In den durchgeführten Versuchen wurden drei Klone (*Duboisia*-Arthybriden und *Duboisia myoporoides*) verwendet. Zur Vorbereitung des Feldversuchs wurden in einem Gewächshaus Jungpflanzen angezogen. Der Feldversuch wurde in den Jahren 2013 bis 2015 auf einem humusarmen Sandboden mit geringer Wasserkapazität in der Versuchsstation Groß-Gerau (JLU Gießen) mit zwei Prüffaktoren (Genotyp, N-Düngung) als vollständig randomisierte Blockanlage (sechs Wiederholungen) angelegt. Die N-Düngung erfolgte unmittelbar zur Pflanzung mit folgenden Varianten: 0, 100, 200 sowie 100 + 100 kg N/ha N als KAS. Jeweils drei Pflanzen (eine pro Genotyp) wurden in einer Parzelle (3 x 2 m) gepflanzt mit einem Abstand von 1 m in der Reihe. Als Parzellenrandpflanzen wurden längs und quer jeweils zwei Reihen Mais verwendet.

Als Prüfmerkmale wurden die Pflanzenlänge, die Anzahl der Seitentriebe pro Pflanze, der Vergilbungsgrad, der Chlorophyllgehalt der Blätter (mittels SPAD), die Chlorophyllfluoreszenz, die N-Gehalte der Pflanze und der Gehalt an Scopolamin in der Blatt-TM erfasst. Die Pflanzen wurden im Oktober nach fünfmonatiger Wachstumszeit geerntet. Zur Bestimmung des Trockengewichtes der Blätter wurden diese bei 60°C für 24 h getrocknet.

Der Scopolamingehalt wurde mittels einer isokratischen HPLC-Methode bestimmt. Dazu wurden 100 mg getrocknetes und gemahlene Blattmaterial in 10 ml 0,5%iger H_3PO_4 für 18 h auf einem Schüttler (90 rpm) extrahiert. Die Auftrennung der Alkaloide wurde mit Agilent 1200 System durchgeführt (Säule: Supersphere 60 RP-8, Phase: 125 mm x 4 mm, 4 μ m, Grace, Deerfield, USA). Die mobile Phase setzte sich aus 375 ml Acetonitril, gelöst in 1000 ml wässriger Lösung mit Heptan-1-Sulfonsäure und Natriumsalz (3 g/L) zusammen (pH 3,2). Die Flussrate war 1,5 ml/min, die UV-Detektion fand bei 190 nm statt. Für die Quantifizierung von Scopolamin wurde die Externe-Standard-Methode eingesetzt. Die lineare Kalibrierung lag zwischen 2,0 – 0,2 % Scopolamin in der Trockensubstanz. Für die wichtigsten Parameter wurden die Mittelwerte mittels *Kruskal-Wallis-Test* verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Die verschiedenen N-Düngungsstufen zeigten einen deutlichen Einfluss auf das Wachstum der *Duboisia*-Pflanzen. Die Erhöhung der N-Düngung von 0 auf 100 bzw. 200 kg N/ha bewirkte eine Erhöhung der Pflanzenlänge bei gleichzeitiger Zunahme der Anzahl an Seitentrieben pro Pflanze. Die Aufteilung der N-Düngung in 100+100 kg N/ha bewirkte bei zwei Genotypen keine Zunahme der Pflanzenhöhe im Vergleich mit der einmaligen Gabe von 200 kg/ha N. Bei einer Hybride hatte die Splitting-Variante (100+100 kg N/ha) eine Verminderung des Wachstums zur Folge. Die höchste Blattmasse pro Pflanze wurde bei allen Genotypen mit einer Aufwandmenge von 200 kg N/ha erzielt.

Der Chlorophyllgehalt (SPAD) der Blätter stieg mit erhöhter N-Düngungsmenge an und erreichte das Maximum bei 200 kg N/ha. Demgegenüber nahm der Vergilbungsgrad der Blätter bei hoher N-Düngung erwartungsgemäß ab.

Die Gehalte an Scopolamin, welches das Hauptalkaloid in den *Duboisia*-Blättern darstellt, wurden durch die mineralische N-Düngung nicht signifikant beeinflusst. Auch die Gehalte an Neben-Alkaloiden (Hyoscyamin, 6-OH-Hyoscyamin und Norhyoscyamin) unterlagen nur einer geringen Variation. Von größerer Bedeutung für die Scopolamin-Synthese scheint das Licht zu sein. So wurde in einem weiteren Projekt mit *Duboisia* beobachtet, dass mit abnehmender Lichtintensität die Scopolamin-Gehalte in den Blättern der Pflanze zunehmen, während die Neben-Alkaloide Hyoscyamin, 6-OH-Hyoscyamin und Norhyoscyamin tendenziell abnehmen (Ullrich et al. 2014).

Insgesamt zeigten die Ergebnisse, dass durch die mineralische N-Düngung auch bei der tropischen Baumart *Duboisia* eine Erhöhung der Blatterträge, sowohl pro Pflanze als auch pro Fläche, möglich ist. Die höchste N-Gabe von 200 kg N/ha bewirkte bei allen geprüften Klonen den höchsten Blattertrag.

Literatur

- GRYNKIEWICZ, G. und M. GADZIKOWSKA, 2008: Tropane alkaloids as medicinally useful natural products and their synthetic derivatives. *Pharmacol. Rep.* 60, 439-463
- HASHIMOTO, T. und Y. YAMADA, 2003: New genes in alkaloid metabolism and transport. *Curr. Opin. Biotech.* 14, 163-168
- PALAZON, J., MOYANO, E., CUSIDO, R. M., BONFILL, M., OKSMAN-CALDENTEY, K.-M., M. T. PINOL, 2003: Alkaloid production in *Duboisia* hybrid hairy roots and plants overexpressing the *h6h* gene. *Plant Sci.* 165, 1289-1295
- ULLRICH, S. F., KAYSER, O., HAGELS, HJ (2014): Einfluss von abiotischen Faktoren auf Wuchs und Scopolamin-Biosynthese in *Duboisia myoporoides*. *Julius-Kühn-Archiv* 446, 30-34.

Einfluss von Lichtintensität und Schnitttermin auf Ertragsparameter und Gehalt an ätherischem Öl der Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.)

Marco Russo und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Gießen.
E-Mail: marco.russo@agrار.uni-giessen.de

Einleitung

Die Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) ist eine wichtige Arznei- und Gewürzpflanze aus der Familie der Lamiaceae, die auf Grund des Gehaltes und der Zusammensetzung des ätherischen Öles ein charakteristisches Aroma besitzt. In Deutschland besteht eine große Nachfrage nach Zitronenmelisse, die überwiegend durch Importe (FNR, 2014) und zum Teil auch durch einheimischen Anbau abgedeckt wird.

Beim Anbau der Zitronenmelisse werden zum Teil Kulturschutznetze zum Schutz vor dem Befall mit Blattzikaden eingesetzt (Meyer et al., 2010). Daneben werden auch Agrotexilien zur Verbesserung des Mikroklimas verwendet, die unter Schweizer Bedingungen zu einer Erhöhung des Gehaltes an ätherischem Öl führten (Carron et al., 2008). Auch in Brasilien wurden Kulturschutznetze in Versuchen mit Zitronenmelisse eingesetzt, wobei die Wirkung von unterschiedlich gefärbten Netzen untersucht wurde (Brant et al., 2009; Oliveira et al., 2016).

Jede Form einer Abdeckung beeinflusst die Lichtintensität. Daher kann sie auch einen Einfluss auf den Ertrag und die Qualität der Pflanzen ausüben. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, den Einfluss einer partiellen Beschattung auf den Ertrag und den Gehalt an ätherischem Öl der Zitronenmelisse unter Freilandbedingungen zu klären. Zudem sollte untersucht werden, ob eine Wechselwirkung der Beschattung mit dem Genotyp bzw. mit dem Erntetermin besteht.

Material und Methoden

Im Jahr 2012 wurde in der Versuchsstation Groß-Gerau (49° 56' N, 8° 30' O; Sandboden, AZ: 20-25, Vorfrucht: Sommergerste) ein Parzellenversuch mit Zitronenmelisse angelegt, die in den Jahren 2013 bis 2015 nach jeweils zwei Aufwüchsen pro Jahr geerntet wurde. In diesem Versuch wurden folgende Prüffaktoren untersucht:

- (1) Licht (natürliche Belichtung vs. Kulturschutznetz mit ca. 10-15 % Beschattung)
- (2) Sorte ('Aufrechter Typ', 'Lemona', 'NLC') und
- (3) Schnitttermin (früh, mittel, spät). Der Prüffaktor (3) Schnitttermin wurde nur in den Jahren 2013 und 2014 berücksichtigt.

Als Prüfmerkmale wurden der Biomasse- und Blattertrag (jeweils FM und TM) sowie der Ätherischöl-Gehalt (gravimetrische Bestimmung nach Destillation der getrockneten Blattdroge) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Der Biomasse-Ertrag (Summe aus zwei Ernten pro Jahr) betrug im Mittel aller Prüfglieder im Jahr 2013 mehr als 45 dt TM/ha (181,7 dt FM/ha), im Jahr 2014 etwa 49 dt TM/ha (227,8 dt FM/ha) und im Jahr 2015 etwa 52 dt TM/ha (256,7 dt FM/ha).

Der Blattertrag des ersten Aufwuchses erreichte mehr als 15,5 dt TM/ha in den Jahren 2013 und 2015, sowie 2014 etwa 13 dt TM/ha. Die Blatterträge des zweiten Aufwuchses lagen etwas niedriger und betragen 15,1 dt TM/ha, 11,2 dt TM/ha und 13,7 dt TM/ha in den Jahren 2013, 2014 und 2015. Biomasse- und Blatterträge lagen, bedingt durch die geringe Wasserhaltekapazität des Bodens, im unteren Bereich der unter bayerischen Bedingungen ermittelten Erträge (Bomme et al., 2013). Es zeigte sich kein negativer Effekt der Beschattung durch das Netz. 'NLC' erwies sich als ertragreiche Sorte, während 'Lemona' in den Jahren 2013 und 2014 im unteren Ertragsbereich lag, und erst im Jahr 2015 das Niveau der Vergleichssorten erreichte. Zwischen dem mittleren und dem späteren Erntestadium traten kaum signifikante Unterschiede auf, jedoch zeigten sich niedrigere Biomasseerträge für das frühe Erntestadium im ersten Aufwuchs in den Jahren 2013 und 2014. Generell lagen die Biomasse- und Blatterträge des zweiten Aufwuchses unter denen des ersten Aufwuchses, während es für den Ätherischöl-Gehalt umgekehrt war. Dies zeigte sich auch im Jahr 2014 mit insgesamt niedrigeren Gehalten an ätherischem Öl. Allerdings konnte keine signifikante Korrelation zwischen Ätherischöl-Gehalt und Biomasseertrag ermittelt werden, sowie nur eine schwache Korrelation zwischen Ätherischöl-Gehalt und Blattertrag.

Es zeigte sich kein signifikanter Einfluss einer reduzierten Lichtintensität auf die Ertragsparameter und den Gehalt an ätherischem Öl während der insgesamt dreijährigen Nutzungsdauer des Zitronenmelisse-Bestandes. Demgegenüber bestanden gesicherte Unterschiede zwischen den getesteten Genotypen und den Erntezeitpunkten. Der Gehalt an ätherischem Öl war infolge der Beschattung leicht erhöht. Dieser Effekt war jedoch nicht statistisch gesichert.

Es kann geschlussfolgert werden, dass Kulturschutznetze unter den getesteten Bedingungen im Anbau der Zitronenmelisse genutzt werden können, ohne den Biomasse- bzw. Blattertrag negativ zu beeinflussen. In zukünftigen Untersuchungen sollte geklärt werden, ob Kulturschutznetze mit unterschiedlichen Maschenweiten, Materialien und Farben beim Einsatz unter einheimischen Bedingungen einen Einfluss auf den Gehalt an ätherischem Öl ausüben.

Literatur

- Bomme, U., Honermeier, B., Hoppe, B., Kittler, J., Lohwasser, U., Marthe, F., 2013. Melisse (*Melissa officinalis* L.), in: Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus Bd. 5. Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen Saluplanta e.V., Bernburg, pp. 151–173.
- Brant, R. da S., Pinto, J.E.B.P., Rosa, L.F., Albuquerque, C.J.B., Ferri, P.H., Corrêa, R.M., 2009. Growth, content and composition of lemon balm essential oil cultivated under color shading nets. *Ciênc. Rural* 39, 1401–1407. doi:10.1590/S0103-84782009005000083
- Carron, C.A., Baroffio, C., Carlen, C., 2008. Influence d'une couverture agrotexile sur le rendement et la qualité de trois plantes aromatiques. *Rev. Suisse Vitic. Arboric. Hortic.* 40, 125–130.
- FNR (Ed.), 2014. Marktanalyse Nachwachsende Rohstoffe, Schriftenreihe Nachwachsende Rohstoffe. Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe.
- Meyer, U., Blum, H., Gärber, U., Hommes, M., Pude, R., Gabler, J., 2010. Praxisleitfaden Krankheiten und Schädlinge im Arznei- und Gewürzpflanzenanbau, DPG Spectrum Phytomedizin. DPG Selbstverlag, Braunschweig.
- Oliveira, G.C., Vieira, W.L., Bertolli, S.C., Pacheco, A.C., 2016. Photosynthetic behavior, growth and essential oil production of *Melissa officinalis* L. cultivated under colored shade nets. *Chil. J. Agric. Res.* 76, 123–128. doi:10.4067/S0718-58392016000100017

Ertrag, Ertragsbildung sowie Wurzelhals- und Stängelfäule (*Leptosphaeria maculans*) von Winterraps in Abhängigkeit von der Anbaukonzentration

Hannes Hegewald¹, Barbara Koblenz¹, Monika Wensch-Dorendorf² und Olaf Christen¹

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

Einleitung

Winterraps ist die wichtigste Ölpflanze in Deutschland. Innerhalb der EU ist Deutschland der größte Produzent mit einem jährlichen Produktionsvolumen von 6,2 Millionen t. Die Anbaufläche hat sich seit dem Jahr 1990 annähernd verdoppelt und beträgt heute etwa 1,4 Millionen ha. Gleichzeitig stagnierte die gesamtdeutsche Ackerfläche (FAOSTAT 2016). Demzufolge sind der Anteil von Winterraps in der Fruchtfolge und die Anbaukonzentration in der Kulturlandschaft angestiegen.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde auf der Versuchstation Etzdorf (Sachsen-Anhalt, 11° 45.443'E, 51° 26.095'N) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Jahr 2002 angelegt. Der Versuch basiert auf der Fruchtfolge Winterweizen (WW)-WW-WW-Winterraps (WRa)-WRa-WRa und einer WRa-Monokultur. Die Versuchsanlage resultierte in vier unterschiedlichen Vorfruchtkombinationen (VFK) vor Winterraps: WW-WW, WW-WRa, WRa-WRa und WRa-Monokultur. Im Jahr 2013 wurde der Versuch um einen zweiten Untersuchungsfaktor erweitert und die Düngestufen 120 kg N ha⁻¹ und 180 kg N ha⁻¹ integriert. Für die Bestimmung der ertragsbildenden Parameter wurden im Jahr 2015 und 2016 Pflanzenproben zu BBCH 81 entnommen. Anschließend wurden die ertragsbildenden Triebe, Schoten je Haupttrieb und Schoten je Nebentrieb erfasst. Zur Bestimmung der Pflanzendichte und des Harvestindex (HI) wurden einen Tag vor der Ernte Pflanzen von einer Fläche eines Quadratmeters entnommen. Nach der Ernte wurde das Tausendkorngewicht (TKG) bestimmt und die Samenzahl je Schote kalkuliert. Zur Bestimmung der Wurzelhals- und Stängelfäule wurden 50 Pflanzen je Parzelle entnommen. Die Pflanzen wurden an der Stängelbasis abgeschnitten und die Schnittfläche anhand einer 0–5 Skala (Newman 1984) auf Befallsymptome untersucht. Die statistische Auswertung erfolgte mit der Software SAS 9.4. Im Folgenden werden die Untersuchungsergebnisse des Jahres 2015 präsentiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Erträge und der Ertragsstrukturparameter sind in Tabelle 1 dargestellt. Zwischen den Düngestufen konnten keine Unterschiede festgestellt werden, jedoch wurden für die VFK statistische Unterschiede ermittelt. Hierbei wurden signifikant weniger Schoten je Fläche in der Winterraps-Monokultur ausgebildet. Auch für die Anzahl der Samen je m² und das Samengewicht zeigten sich die niedrigsten Werte, wenn Winterraps kontinuierlich angebaut wird. Im Gegensatz zu den ertragsbildenden Parametern spiegeln sich diese Ergebnisse nicht in den Ertragsdaten wider. Die Winterraps-Monokultur lieferte höhere Erträge als Winterraps, der den VFK WW-WRa und WRa-WRa folgte. Eine mögliche Ursache

kann die Lagerbildung im Jahr 2015 sein, die in der Monokultur schwächer ausgebildet war.

Tab. 1: Ertrag und ertragsbildende Parameter in Abhängigkeit von der Vorfruchtkombination und der N-Düngung am Standort Etzdorf (2015); Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den VFK ($P \leq 0,05$), Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen ($P \leq 0,05$)

Vorfruchtkombination	Ertrag (dt ha ⁻¹)	Stroh (g Tm m ⁻²)	Ertrag (g Tm m ⁻²)	HI	Schoten m ⁻²	Samen m ⁻² (×10 ³)	TKG (g)	Samen Schote ⁻¹
120 kg N ha⁻¹								
WW-WW	39,9 ^{aB}	717 ^a	397 ^a	0.35	6396 ^a	86,0 ^a	5,06 ^b	14 ^b
WW-WRa	42,2 ^{aA}	672 ^a	433 ^a	0.39	7080 ^a	90,8 ^a	5,24 ^a	13 ^b
WRa-WRa	41,3 ^{aA}	640 ^{ab}	407 ^a	0.39	5152 ^{ab}	88,9 ^a	5,03 ^b	20 ^{ab}
WRa-Monokultur	44,6 ^{aA}	538 ^b	308 ^b	0.36	3140 ^b	69,0 ^b	4,91 ^b	23 ^a
180 kg N ha⁻¹								
WW-WW	45,7 ^{aA}	761 ^a	463 ^a	0.38	7398 ^a	99,0 ^a	5,14 ^{ab}	14 ^{ab}
WW-WRa	36,0 ^{bB}	670 ^{ab}	405 ^{ab}	0.38	8326 ^a	86,2 ^{ab}	5,16 ^a	11 ^b
WRa-WRa	36,5 ^{bA}	623 ^b	373 ^{bc}	0.37	6076 ^a	80,9 ^b	5,07 ^{ab}	14 ^{ab}
WRa-Monokultur	42,9 ^{aA}	514 ^c	303 ^c	0.37	3685 ^b	66,9 ^b	4,98 ^b	20 ^a

Für den Befall mit Wurzelhals- und Stängelfäule wurde mit zunehmender Anbaukonzentration eine steigende Befallshäufigkeit und Befallsschwere festgestellt (Abbildung 1). Die Düngung hatte auf diese Parameter jedoch keinen Einfluss.

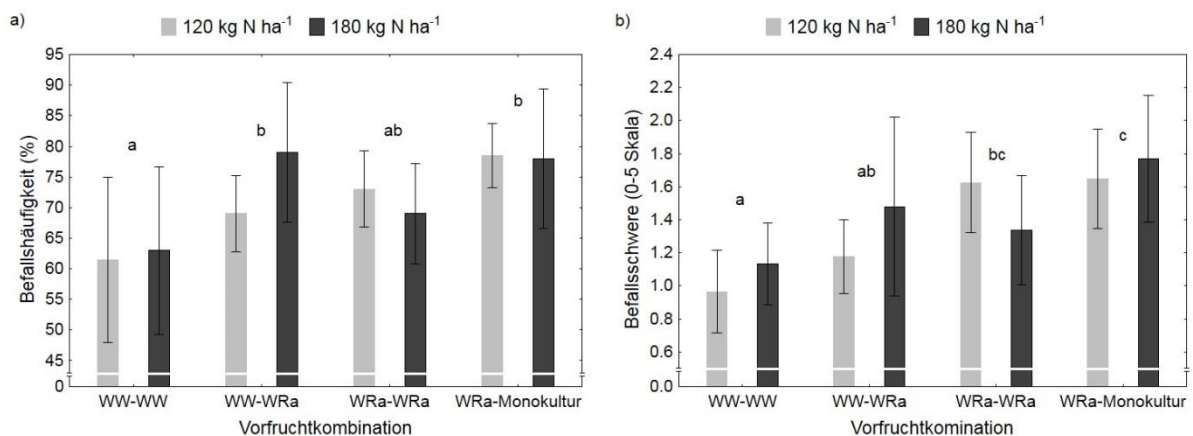


Abb. 1: a) Befallshäufigkeit (%) und b) Befallsschwere von Wurzelhals- und Stängelfäule von Winterraps in Abhängigkeit von der Vorfruchtkombination und der N-Düngung am Standort Etzdorf (2015), Kleinbuchstaben unterscheiden signifikante Unterschiede für den Haupteffekt Vorfruchtkombination ($P \leq 0,05$)

Literatur

FAOSTAT (2016). Production of crops. Verfügbar:

<http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>. Zuletzt geprüft: 30.05.2016

Newman, P. L. (1984). Differential host-parasite interactions between oilseed rape and *Leptosphaeria maculans*, the causal fungus of stem canker. *Plant Pathol.* 33: 205–210.

Wirkung der Saatzeitverzögerung auf Wachstum und Ertragsbildung von Linien- und Hybridsorten beim Weizen

Julia Klussmann und Bernd Honermeier

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Gießen.
E-Mail: Julia.Klussmann@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Seit einigen Jahren sind in Deutschland auch bei autogamen Getreidearten erste Hybridsorten zugelassen. Der Anbauumfang dieser Sorten ist in der Praxis jedoch noch vergleichsweise gering. So wird die Anbaufläche von Hybridweizen weltweit nur auf etwa 1 % der Weizenfläche und in Europa auf etwa 250.000 ha geschätzt (Longin et al. 2012). Als Ursachen dafür werden höhere Saatgutkosten und bezüglich des Kornertrags ein im Vergleich mit Fremdbefruchtern geringerer Heterosis-Effekt, der beim Weizen mit 4 bis 15 % angegeben wird (Longin et al. 2012), genannt.

Neben dem höheren Kornertrag werden bei Hybridsorten auch weitere Eigenschaften hervorgehoben, die im praktischen Anbau vorteilhaft sein können. So werden den Hybridsorten eine höhere Ertragsstabilität, eine bessere Stresstoleranz (Wassermangel, Hitze) und eine günstige Kombination von Pflanzenmerkmalen wie gute Standfestigkeit, frühere Reife, gute TKM und geringe Mehltau-Anfälligkeit zugesprochen. Nicht alle diese Merkmale und Effekte konnten in Experimenten bislang eindeutig belegt werden. Dagegen konnte die bessere Ertragsstabilität der Hybridsorten im Vergleich mit Liniensorten in Versuchen mit Weizen, Gerste und Triticale, die in Deutschland durchgeführt wurden, bestätigt werden (Mühleisen et al. 2014).

Zur Beurteilung von Leistungsfähigkeit und Anbaueigenschaften von Hybridsorten sind auch deren Ertragsreaktionen unter variierenden Anbaubedingungen von Interesse. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Reaktion von Hybridweizen auf die Verzögerung der Saatzeit im Vergleich mit Liniensorten zu klären.

Material und Methoden

Der durchgeführte Parzellenversuch wurde im Herbst 2014 an den Standorten Gießen (GI) (Brauner Auenboden, uT, Ackerzahl 65, Igj. Mittel: 698 mm, 8,9 °C, Vorfrucht: Raps) und Groß Gerau (GG) (schwach humoser Sandboden, S, Ackerzahl 20-25, Igj. Mittel: 600 mm, 9,8 °C, Vorfrucht: Sommergerste) angelegt. In GG erfolgte eine Beregnung des Weizens in vier Gaben: 25 mm (22.04.2015), 30 mm (13.05.2015), 30 mm (28.05.2015) und 35 mm (09.06.2015). Als Versuchsdesign diente eine randomisierte zweifaktorielle Blockanlage mit den Prüffaktoren Saatzeit und Sorte in vier Wiederholungen. Die drei Aussaaten wurden in GI am 1.10., 20.10. bzw. 30.10.2014 und in GG am 6.10., 20.10. und 3.11.2014 in Kombination mit zunehmender Aussaatstärke von 250, 300 und 350 Körner/m² realisiert. Geprüft wurden neun Winterweizen-Sorten, darunter vier Hybriden (Hybery B, Hybred B, Hyland B, Hystar B) und fünf Liniensorten (Lear C, Linus A, Tabasco C, Meister A, Egoist B). Der Weizen wurde in GI mit 180 kg N/ha (70, 60, 50 kg N/ha, Nmin: 40 kg N/ha) und in GG mit 160 kg N/ha (40, 50, 70 kg N/ha, Nmin: 15 kg N/ha) gedüngt.

Während der Vegetationsperiode wurden die Pflanzen-Parameter Pflanzenzahl/m², Pflanzenlänge Ährenzahl/m², Blattflächenindex und Chlorophyll-Gehalt bestimmt. Nach der Ernte wurden erfasst: TS-Gehalt, TKM, HLG, Ährenlänge, Einzelährengewicht, Spindelstufen/Ähre, Anzahl Körner/Ähre, Kornmasse/Ähre. Die statistische Auswertung (ANOVA) erfolgte mit IBM SPSS Statistics 23.

Ergebnisse und Diskussion

Der Winterweizen erreichte in GG im Mittel der Prüfglieder ein Ertragsniveau von 83,0 dt/ha und in GI einen Ertrag von 73,6 dt/ha. Die höheren Ertragswerte in GG sind durch die zusätzliche Beregnung von insgesamt 120 mm zu erklären. Trotz sehr geringer Wasserkapazität des Sandbodens ist es in GG offenbar gelungen, das vorhandene Wasserdefizit durch die Zusatzberegnung weitestgehend auszugleichen. In GI waren die Wachstumsbedingungen infolge der Trockenheit (keine Beregnung) ungünstiger. Der dortige Boden weist eine vergleichsweise geringe nutzbare Feldkapazität (0-100 cm: 123 mm) auf, was unter den Bedingungen des Jahres 2015 zu Trockenstress-Symptomen im Weizen-Bestand führte.

Im Mittel beider Standorte erreichten die Hybridsorten ein Ertragsniveau von relativ 111 % im Vergleich mit den Liniensorten (100 %). Vergleicht man die ertragreichste Hybridsorte (115 %) mit der ertragreichsten Liniensorte (100 %), dann ist diese Differenz ($p < 0,05$) noch etwas größer. Im Mittel der beiden Standorte unterschieden sich die Ährendichte und die TKM zwischen Hybriden und Liniensorten kaum.

Die Aussaatverzögerung des Weizens um etwa vier Wochen bewirkte im Jahr 2014/15 im Mittel der Standorte und Sorten keine signifikante Ertragsminderung. Darüber hinaus konnte im Mittel beider Standorte auch keine Wechselwirkung zwischen den Prüffaktoren Saatzeit und Sorte beobachtet werden. Innerhalb der beiden Standorte waren jedoch unterschiedliche Ertragsreaktionen festzustellen. In der dritten Saatzeit war die Ertragsüberlegenheit der Hybridsorten im Vergleich mit den Liniensorten am Standort GG (mit Zusatzberegnung) deutlich geringer ausgeprägt als am Standort GI, wo Trockenstress herrschte. Die Kombination der Faktoren Spätsaat und Trockenstress wurde von den Hybridsorten in diesen Versuchen offenbar besser toleriert als von den Liniensorten. Dieser Befund korrespondiert mit den Aussagen von Mühleisen et al. (2014) und Gowda et al. (2010), nach denen Weizenhybriden im Vergleich mit Liniensorten als umweltstabiler eingeschätzt werden.

Literatur

- GOWDA, M.; KLING, C.; WÜRSCHUM, T.; LIU, W.; MAURER, H. P.; HAHN, V. & REIF, J. C. (2010): Hybrid breeding in durum wheat: heterosis and combining ability. *Crop Science*, 50(6), 2224-2230.
- MÜHLEISEN, J.; PIEPHO, H. P.; MAURER, H. P.; LONGIN, C. F. H. & REIF, J. C. (2014): Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 127(2), 309-316.
- LONGIN, C. F. H.; MÜHLEISEN, J.; MAURER, H. P.; ZHANG, H.; GOWDA, M.; REIF, J. C. (2012): Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theoretical and Applied Genetics*, 125(6), 1087-1096.

Effect of different pre-crops and crop rotations on plant growth, grain yield and grain quality of winter wheat in the long-term field experiment "BSG" Giessen

Yavar Vaziritabar, Yazdan Vaziritabar, Janna Macholdt, Laura Bender and Bernd Honermeier

Justus-Liebig-University Giessen, Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Dep. Agronomy, BFS (Biomedical Research Centre Seltersberg), Schubertstr. 81, D-35392 Giessen, Germany.
E-Mail: yavar.vaziritabar@agrar.uni-giessen.de

Introduction

Nitrogen consumption, time and dosage of application as well, have been critical factors from past decades until right now as farmers struggle with N deficiency or overdosing to get appropriate yield production. Conversely, experts concern more and more about over fertilization and water contamination via nitrogen leaching.

Hence, this study deals with cropping systems including different pre-crops to investigate their effect on soil conditions and crop performance under different dosages of N fertilization. The aim of the conducted study was to clarify the effect of legume and non-legume pre-crops and crop rotations on plant growth, grain yield and grain quality of winter wheat in the ongoing long-term field experiment Giessen (BSG).

Material and method

The long-term field experiment "BSG" was established in 1982 in the research station Giessen (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, yearly average precipitation: 650 mm, perennial air temperature: 8.1 °C). The field experiment includes two main treatments (1) pre-crop or crop rotation and (2) mineral fertilization arranged as a randomized block design (RBD) with four replications. In 2014/2015 winter wheat cv. Premio was cultivated after the following five previous crops in the year before: crimson clover (*Trifolium incarnatum* cv. Kardinal), faba bean (*Vicia faba* cv. Hiverna), oat (*Avena sativa* cv. Fleuron), maize (*Zea maize* cv. Lorado) and fallow. Mineral fertilization to wheat 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 crop rotation: (1) pre-crops, (2) winter wheat, (3) winter rye and (4) summer barley.

Results and discussion

Legume crops used as pre-crops (crimson clover, faba bean) significantly increased several plant parameters of wheat which was cultivated direct afterwards like LAI, SPAD value of flag leaves, spikes number, grain yield and harvest index. Regarding grain yield a significant interaction between both main treatments (pre-crop and mineral fertilization) has to be considered. Crimson clover used as pre-crop for wheat led to highest grain yield under the conditions of nitrogen deficit (zero NPK, PK+zero N) followed by faba bean and fallow (fig. 1). Lowest grain yield of wheat in the treatments of N deficiency was received after oat followed by maize. These interaction effects were caused by differences in soil parameters (humus content, Nmin, soil structure, microbial activity) induced by the legume vs. non-legume pre-crop cultivated every fourth year.

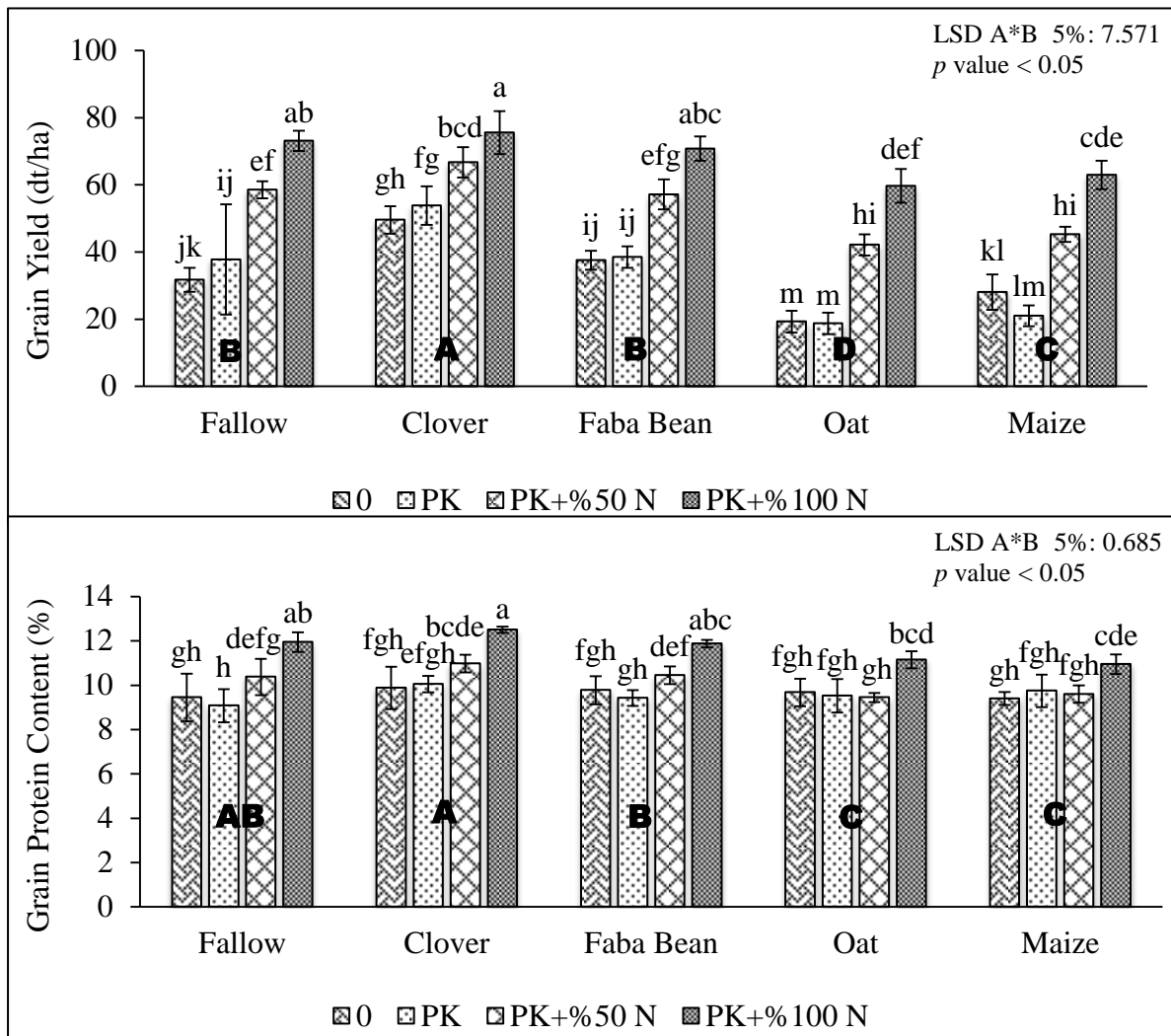


Fig. 1: Interaction of pre-crops and mineral fertilization on grain yield and grain protein content of winter wheat in the long-term field experiment BSG Giessen 2015.

Beside field parameter, in addition the grain quality of winter wheat was investigated. It was found that in crop rotations consisting of one legume (crimson clover vs. faba bean) and three non-legume crops (wheat, rye, barley) highest protein content in wheat grains were determined (fig. 1). In addition, selected parameters of flour quality of wheat samples like sedimentation test and gluten content (data not shown) are improved. There has been a synergistic effect of legume pre-crop on protein content of wheat grains influenced by N fertilization. Protein content in the treatment of PK+100% N was higher after legume pre-crop than after oat or maize (fig. 1).

It can be concluded that mineral N fertilization to wheat is more efficiently in rotations that include legume crops because lower N is needed to reach high grain quality.

Anpassungsmöglichkeiten von Weizenproduktionssystemen an den Klimawandel in Südwestsibirien: Effekte von Bodenbearbeitung und Aussaatparametern

Insa Kühling und Dieter Trautz

Fachgebiet Umweltschonende Landbewirtschaftung, Fakultät Agrarwissenschaften und
Landschaftsarchitektur, Hochschule Osnabrück, Osnabrück. E-Mail: i.kuehling@hs-osnabrueck.de

Einleitung

Der westsibirischen Getreidegürtel ist von globaler Bedeutung für die weltweite Getreideproduktion sowie für Kohlenstoffsequestrierung (Kämpf et al. 2016) und Biodiversität (Mathar et al. 2015). Klimamodellierungen prognostizieren ein zunehmendes Risiko für Trockenstress und extreme Witterungsereignisse für diese Region (Degeffie et al. 2014), in der schon jetzt Wasser der limitierende Faktor in der Pflanzenproduktion ist. Im Rahmen des interdisziplinären deutsch-russischen Forschungsprojekts „SASCHA“ (Sustainable land management and adaptation strategies to climate change for the Western Siberian grain belt) wurden Möglichkeiten zur Anpassung der Getreideproduktionssysteme an die zu erwartenden Klimaänderungen untersucht. Darüber hinaus wurde durch die Auflösung der Sowjetunion und den Zusammenbruch der staatlichen Landwirtschaftsbetriebe ein weiträumiger Landnutzungswandel hervorgerufen. Während auf Grünland durch den massiven Rückgang der Viehbestände eine Extensivierung zu beobachten ist, findet seit 2003 auf den Ackerflächen eine kontinuierliche Intensivierung der Landnutzung statt (Kühling et al. 2016). Die gegenseitigen Wechselwirkungen von Klima- und Landnutzungswandel führen zu steigenden Herausforderungen in der Pflanzenproduktion im Westsibirischen Getreidegürtel.

Material und Methoden

In einem Feldversuch (randomisiert, 3-fach wiederholt) wurden von 2013 bis 2015 die Effekte von unterschiedlicher Bodenbearbeitung (Direktsaat/nach üblicher Bodenbearbeitung), Aussaatmenge (üblich/reduziert) und Ablagetiefe (üblich/flacher) hinsichtlich Ertrag und Qualität untersucht. Alle weiteren Maßnahmen waren in allen 8 Varianten (Tabelle 1) identisch: betriebsübliche Düngung (70 kg ha⁻¹ N unter Fuß zur Saat) und betriebsüblicher Pflanzenschutz (einmaliger Herbizideinsatz).

Tab. 1: Ausprägungen der Versuchsfaktoren

	betriebsüblich	angepasst
Bodenbearbeitung	Scheibenegge	ohne (Direktsaat)
Aussaatmenge	600 Körner m ⁻²	450 Körner m ⁻²
Ablagetiefe	6,5 cm	4,5 cm

Während der Vegetationsperiode fand ein intensives Monitoring der Bodeneigenschaften (Wassergehalt mittels TDR) sowie der phänologischen Bestandesentwicklung (BBCH) statt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss der Bodenbearbeitung auf den Bodenwassergehalt über die gesamte Vegetationsperiode (+42% Wassergehalt mit Direktsaat, Abbildung 1A). Die höheren Wassergehalte in den Direktsaatvarianten

waren an jedem Messtermin absicherbar, unabhängig von der vorhergegangenen Witterung (Trockenperiode/Niederschläge). Diese Unterschiede führten im 3. Versuchsjahr auch zu signifikant höheren Kornerträgen (+10%, Abbildung 1B) und Proteingehalten (+11%). Die variierten Aussaatstärken und Ablagetiefen zeigten keine eindeutigen Effekte.

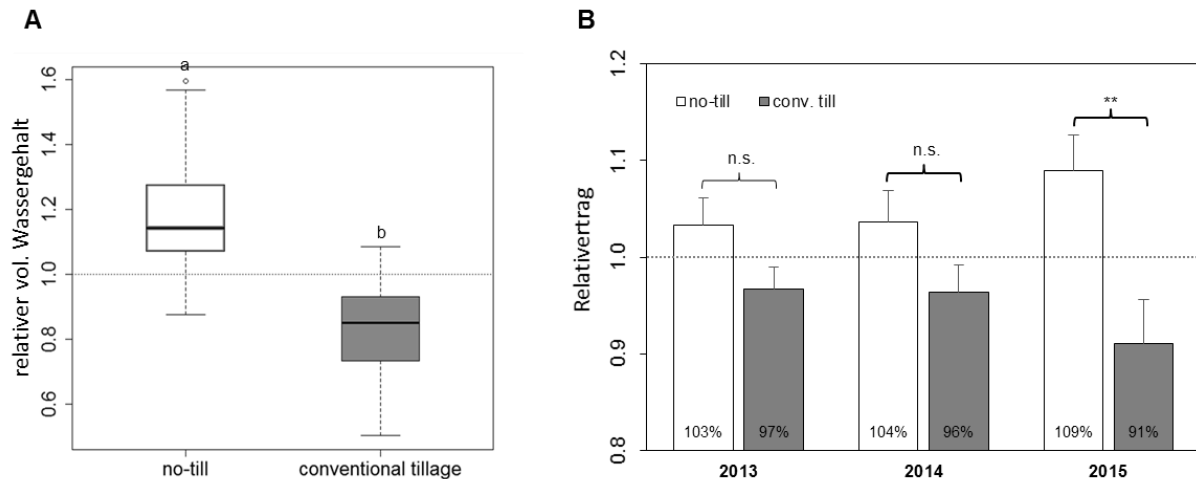


Abb. 1: Relative volumetrische Wassergehalte im Mittel über 3 Jahre (313 Messungen) (A) sowie relative Kornerträge in 3 Versuchsjahren (B) für die unterschiedlichen Bodenbearbeitungssysteme (angepasst: no-till und betriebsüblich: conventional tillage). Tukey-HSD-Test; unterschiedliche Buchstaben: signifikante Mittelwertdifferenzen bei $p=0,001$; n.s.: nicht signifikant; **: $p=0,01$.

Die Ergebnisse bestätigen das grundsätzliche Potential von reduzierter Bodenbearbeitung in semi-ariden Umgebungen (Pittelkow et al. 2015). Versuche unter ähnlichen agroklimatischen Bedingungen in Nordkasachstan zeigen vergleichbare Ergebnisse (Suleimenov et al. 2015). Da unser Versuch in drei überdurchschnittlich kalten und nassen Jahren stattfand, ist gegebenenfalls unter den prognostizierten, trockeneren Bedingungen ein deutlicherer Vorteil zu erwarten.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des Forschungsprojektes SASCHA als Teil der Fördermaßnahme "Nachhaltiges Landmanagement" erzielt und vom BMBF finanziert (Förderkennzeichen 01LL0906D).

Literatur

- Degefie, D.T., Fleischer, E., Klemm, O., Soromotin, A. V., Soromotina, O. V., Tolstikov, A. V., Abramov, N. V., 2014. Climate extremes in South Western Siberia: past and future. *Stoch. Environ. Res. Risk Assess.* 28, 2161–2173.
- Kämpf, I., Hölzel, N., Störle, M., Broll, G., Kiehl, K., 2016. Potential of temperate agricultural soils for carbon sequestration: A meta-analysis of land-use effects. *Sci. Total Environ.* 566, 428–435.
- 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.
- Mathar, W.P., Kämpf, I., Kleinebecker, T., Kuzmin, I., Tolstikov, A., Tupitsin, S., Hölzel, N., 2015. Floristic diversity of meadow steppes in the Western Siberian Plain: effects of abiotic site conditions, management and landscape structure. *Biodivers. Conserv.*
- Pittelkow, C.M., Linquist, B.A., Lundy, M.E., Liang, X., van Groenigen, K.J., Lee, J., van Gestel, N., Six, J., Venterea, R.T., van Kessel, C., 2015. When does no-till yield more? A global meta-analysis. *F. Crop. Res.* 183, 156–168.
- Suleimenov, M., Kaskarbayev, Z., Akshalov, K., Tulegenov, A., 2015. Principles of Conservation Agriculture in Continental Steppe Regions, in: Mueller, L. et al. (Eds.), *Novel Methods for Monitoring and Managing Land and Water Resources in Siberia*. Springer, pp. 667–679.

Re-thinking research on intercropping systems

Thomas 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

For a long time it has been known that enhancing crop diversity in agro-ecosystems entails several benefits (Wollny 1885, Vandermeer 1989), including reduced crop damage from pests and diseases, increased crop yield and higher yield stability. Indeed, intercropping is a well-researched approach of increasing crop diversity in the field. Over the past few decades, researchers have paid particular attention to intercropping systems combining grain legumes and cereals, e.g. species mixtures of pea and barley, pea and oats, or faba bean and wheat. However, despite decades of research on such mixtures, adoption in practice has still remained relatively low; in fact, adoption rates of intercropping, when viewed over longer periods (the past two centuries), appear to have decreased. Further, applied and on-farm research shows that intercrops, despite their great potential, are still frequently characterised by occasional yield disadvantages when compared to monocultures, e.g. as expressed by land equivalent ratios (LER) <1 . Thus, research over the past few decades does not seem to have resulted in a substantial improvement of reliability or average performance of intercrops in comparison to monocrops. In this review I quantify the frequency of intercrop failures (i.e., $LER < 1$) in the younger scientific literature. Further, I outline ways of responding to the inherent complexity of intercropping systems in order to achieve higher performance and greater adoption rates.

Material and Methods

LER values were collected or calculated from a total of 50 studies on intercropping grain legumes with non-legume annual crops. The selected studies were published between 1982 and 2012 (9 studies from 1982-1989; 9 studies from 1990-1999; 19 studies from 2000-2009; and 13 studies from 2010-2012; a list of references is available on request). In total, 573 individual LER values were obtained.

Results and Discussion

LER values <1 were observed in 11.2% of the total values (Fig. 1), and in 20 of the 50 sampled studies. The median LER was 1.23. A quarter of values was below 1.08. These results do not necessarily provide an accurate picture of values obtainable in practice; this is (a) because of deliberate inclusion of extreme conditions in some of the studies, resulting in low LERs; and (b), because of probable positive publication bias. Still, the results demonstrate the potential of intercropping systems to outyield monocultures by a large degree, but also the tremendous variability of outcomes.

Optimizing intercropping systems can be seen as a selection problem, similar to selecting suitable crop varieties for a given farming situation. In comparison to variety selection, however, the options of designing intercropping systems are much more numerous: It needs to be decided which species and which varieties are to be combined, but also in which proportions, in which densities, and whether fertilisation regimes are to be modified in comparison to monocultures. All these, and several more factors have been shown to affect the relative performance of intercropping significantly (e.g. as measured by LER values).

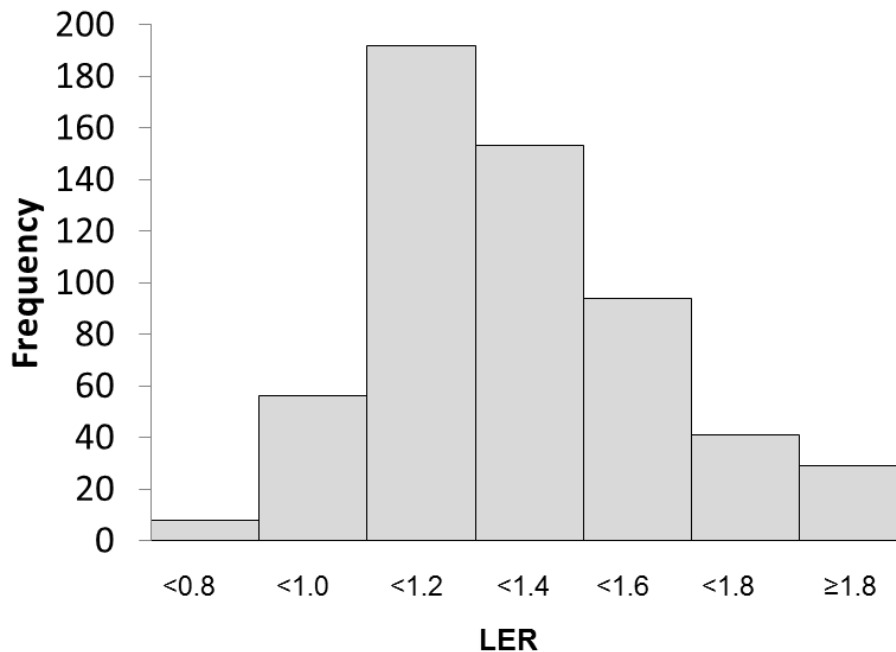


Fig. 1: Frequency distribution of land equivalent ratios (LER) from 50 studies on intercropping legumes with non-legumes. Class labelled “<1.2” includes cases with $1.0 \leq \text{LER} < 1.2$.

The older literature (e.g. Wollny 1885, Arny et al. 1929) provides ample evidence that the potential of intercrops, as well as the general patterns and even the mechanisms by which intercropping influences crop performance were known several decades ago. It therefore it is not necessary to just re-iterate these findings. For example, it is not necessarily useful to publish the fact that variety choice significantly affects intercrop performance. Instead, it is necessary to provide reliable and continuous information on which varieties are (currently) best suited for intercropping. Importantly, this sort of information cannot be generated once and for all, but there needs to be a continuous flow of up-to-date information into practice, similar to the data provided by official variety testing regimes. Moreover, due to the high complexity of plant-plant and plant-environment interactions in intercrops, and because of the high number of potential management options in intercropping, a more systematic and much more comprehensive research approach is needed to overcome the current obstacles to higher adoption of intercropping. The currently dominating research approach is based on short-term projects which typically span 3-4 years and only include a limited number of test environments and management conditions. This approach is unlikely to achieve substantially higher adoption of intercropping in practice. What is needed instead is a reliable, large-scale and continuous testing programme for intercropping, similar to official variety testing.

References

- Arny AC, Stoa TE, McKee C, Dillman AC. 1929. Flax cropping in mixture with wheat, oats, and barley. Technical Bulletin 133, USDA, Washington, USA.
- Vandermeer J. 1989. The Ecology of Intercropping. Cambridge University Press, Cambridge.
- Wollny, E. 1885. Saat und Pflege der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen. Verlag Paul Parey, Berlin.

Wirkung von CO₂ Anreicherung und N-Düngung auf die Nitrat-Assimilation bei Winterweizen: Ist eine Ammonium betonte N-Düngung besser als eine Nitrat basierte?

Markus Dier¹, Rieke Meinen², Martin Erbs¹, Robert Hänsch², Martin Kücke³, Hans-Joachim Weigel¹, Christian Zörb⁴ und Remy Manderscheid¹

¹Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig; ²TU Institut für Pflanzenbiologie, Braunschweig;

³Julius Kühn-Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig;

⁴Institut für Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, Hohenheim;

E-Mail: markus.dier@thuenen.de

Einleitung

Eine erhöhte atmosphärische CO₂ Konzentration (e[CO₂]) senkt die N Konzentration ([N]) bei C₃ Nutzpflanzen mit möglichen negativen Auswirkungen auf die Nahrungs- und Futtermittelqualität. Hydrokulturversuche haben gezeigt, dass e[CO₂] die Nitrat (NO₃⁻) Assimilation hemmt und dass Wachstum und N-Ertrag bei e[CO₂] höher sind, wenn die Pflanzen mit Ammonium (NH₄⁺) statt mit NO₃⁻ ernährt werden (Bloom et al., 2010). Da im Ackerbau eine NO₃⁻ betonte Düngung gängige Praxis ist, stellt sich die Frage, ob auch unter Feldbedingungen die NO₃⁻ Assimilation durch e[CO₂] gehemmt wird und ob deshalb eine Umstellung von NO₃⁻ zu NH₄⁺ betonter Düngung erforderlich sein könnte, um eine Abnahme des N-Status bei zukünftiger, e[CO₂] zu vermeiden. In einem zweijährigen Free Air CO₂ Enrichment (FACE) Versuch mit Winterweizen wurde dies untersucht. Es wurden drei Stufen einer NO₃⁻ betonten N-Düngung (N-Mangel; praxisüblich; N-Überschuss) und eine Stufe einer NH₄⁺ betonten N-Düngung (praxisüblich) herangezogen. Die Etablierung einer NH₄⁺ betonten Düngung unter Feldbedingungen erwies sich jedoch wegen Bodenprozessen wie Nitrifizierung als schwierig.

Material und Methoden

Winterweizen (Sorte Batis) wurde 2014 und 2015 bei der vorherrschenden [CO₂] und der e[CO₂] von 600 ppm (FACE) angebaut. NO₃⁻ betonte Düngung erfolgte durch Handapplikation von KAS mit insgesamt 40/35, 180/200 und 320/320 kg N ha⁻¹ für 2014/15. NH₄⁺ betonte Düngung erfolgte 2014 mit 180 kg N ha⁻¹ über das CULTAN-Verfahren durch einmalige Bodeninjektion von (NH₄)₂SO₄ und 2015 mit 200 kg N ha⁻¹ durch Handapplikation von Harnstoff (46,5% N) + Nitrifikationshemmer (UR + NI). Die Versuchspartellen wurden bewässert, um durchgängig eine nutzbare Feldkapazität über 50 % zu gewährleisten.

Von der KAS und CULTAN bzw. Harnstoff Variante mit 180/200 kg N ha⁻¹ wurde in beiden Jahren die NO₃⁻ Konzentration im Halm bestimmt. 2015 wurde zusätzlich der N_{min} Gehalt in der obersten 30 cm Bodenschicht bestimmt. Die Bodenproben wurden mit CaCl₂ extrahiert, das nur NH₄⁺ erfasst, das nicht an Tonminerale gebunden ist.

In beiden Jahren wurden zu zwei Terminen Fahnenblätter geerntet (Ährenschieben und späte Anthese). Von einer Fraktion wurde die Aktivität des Schlüsselenzyms der NO₃⁻ Assimilation, Nitratreduktase (NR), gemessen. Die restliche Fraktion wurde zur TM Bestimmung herangezogen. Fahnenblatt TM pro m² Bodenfläche wurde durch Multiplikation der Fahnenblatt TM mit der Ährenzahl pro m² Bodenfläche, die durch destruktive Ernten bestimmt wurde, berechnet. Zur Milchreife erfolgte eine destruktive Ernte für die Bestimmung der TM und des N-Ertrags. Für die N-Ertrag

Bestimmung wurde die [N] der Gesamtpflanze durch CNS-Elementaranalyse gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Es ergaben sich keine Unterschiede in der Halm NO_3^- Konzentration, der NR Aktivität und dem N-Ertrag zwischen KAS (praxisüblich) und CULTAN. Dies deutet auf eine NO_3^- betonte Düngung bei CULTAN wegen unzureichender Kontrolle von Nitrifizierung hin. Mit UR +NI konnte hingegen eine NH_4^+ betonte Düngung erreicht werden. Dies wurde dadurch deutlich, da die Boden NO_3^- Konzentration, die Halm NO_3^- Konzentration und die NR Aktivität signifikant niedriger bei UR + NI war als bei KAS (praxisüblich), obwohl es keine Unterschiede im Boden N_{min} gab.

Eine Hemmung der NO_3^- Assimilation durch $e[\text{CO}_2]$ konnte nicht festgestellt werden.

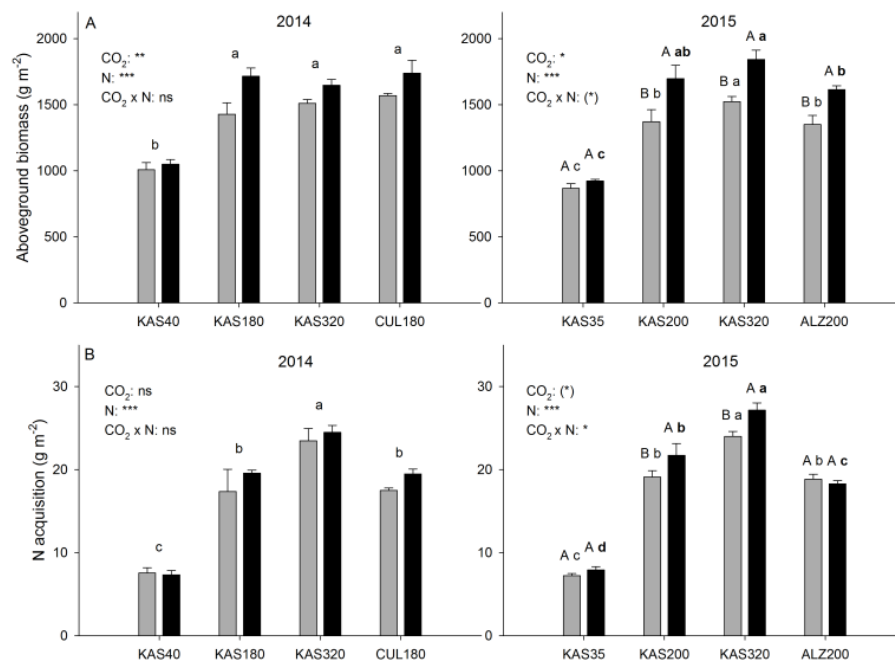


Abb. 1 Effekt von $e[\text{CO}_2]$ auf die oberirdische Biomasse (A) und den N-Ertrag (B). Graue Balken bedeuten vorherrschende $[\text{CO}_2]$ und schwarze Balken $e[\text{CO}_2]$. CUL und ALZ bedeuten CULTAN bzw. UR + NI Düngung. Bei keiner signifikanten $\text{CO}_2 \times \text{N}$ Interaktion bedeuten verschiedene Buchstaben signifikante Unterschiede zwischen den Randmittelwerten der N-Düngung. Bei einer signifikanten $\text{CO}_2 \times \text{N}$ Interaktion bedeuten verschiedene Großbuchstaben signifikante Unterschiede der CO_2 Mittelwerte innerhalb der N-Düngung und Kleinbuchstaben signifikante Unterschiede der N-Mittelwerte innerhalb der CO_2 Behandlungen. ns: nicht signifikant; (*): $p < 0.10$; (*): $p < 0.05$; (**): $p < 0.01$; (**): $p < 0.001$

eintritt und dass eine Umstellung von NO_3^- zu NH_4^+ betonter Düngung bei zukünftigen $e[\text{CO}_2]$ Bedingungen nicht vorteilhaft ist.

Literatur

Bloom, A.J., Burger, M., Rubio-Asensio, J.S., Cousins, A.B., 2010. Carbon Dioxide Enrichment Inhibits Nitrate Assimilation in Wheat and Arabidopsis. *Science* 328, 899-903.

$e[\text{CO}_2]$ führte zu einer signifikanten Steigerung der oberirdischen Biomasse von 4 – 24% (Abb.1). Abgesehen von der KAS Variante unter N-Mangel, konnte der N-Ertrag bei der NO_3^- betonten Düngung mit KAS durch $e[\text{CO}_2]$ erhöht werden (Abb. 1). Jedoch gab es keine Steigerung des N-Ertrags bei der NH_4^+ betonten Düngung mit UR + NI (Abb.1).

Unsere Daten deuten hin, dass eine Hemmung der NO_3^- Assimilation unter Feldbedingungen durch $e[\text{CO}_2]$ nicht

Plant system behavior at deficit irrigation: Experimental data collection and system dynamical characteristics for irrigation control

Friederike Kögler and Dirk Söffker

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

Introduction

Deficit Irrigation (DI) denotes the irrigation of crops below the plants' transpirative demand at nearly steady yields [1]. Crop water use efficiency (WUE) is considered to be higher under DI treatments compared to full irrigation. As known, DI has the potential to preserve scarce water resources worldwide [2]. Planning time and quantity of DI events requires knowledge of crop water deficit responses and precise irrigation technology. Focus of this contribution is the experimental identification of plant specific system dynamical characteristics for irrigation control purposes based on measurements of the input 'water quantity' and the outputs 'leaf temperature' as well as 'vegetative growth'.

Material and methods

Water deficit experiments were conducted on single plant scale under laboratory conditions exemplary for corn (*Zea Mays*, Ronaldinio, KWS). Four groups of 5 plants each (EC 11-13) were exposed to different water regimes: i) full irrigation (FI): no water restriction, ii) mild stress (MS): re-watering after 2.5 days of no water supply, iii) high stress (HS): re-watering after 3.5 days of no water supply, iv) no irrigation (NI). All other inputs to the system i.e. environmental conditions, substrate, and fertilization were maintained constant within a range homogeneously for all groups. Substrate water quantity and leaf temperatures were automatically measured (every 20 min) as well as plant vegetative growth (daily).

Results and discussion

Based on leaf temperature measurements following variables were chosen for the investigation of system dynamic states and potential transition conditions: i) diurnal leaf temperature parameters (mean, variance, gradient, amplitude), ii) leaf temperature oscillation parameters (number, sequence, amplitude). Vegetative growth measurements were implemented to follow up yield related output parameter. Preliminary results are: a qualitative distinction of different system states based on characteristic parameter value differences between the groups can be stated. Here, exemplary the states for a plant of group HS are given (see figure 1, grey shaded curve): at the beginning of the experiment all plants had similar leaf temperatures (state (I): start desiccation, and state (II): delay time 1). After 2 days the plants without irrigation showed higher leaf temperatures of up to 1°C compared to FI control plants (state (III): mild stress 1). Before re-irrigation of group HS at day 3.5 the plants showed leaf temperatures of up to 2°C more than FI control plants (state IV: high stress 1). At day 3.5 group HS was re-irrigated. After 0.5 days (state V: delay time 2) leaf temperature fell nearly to the level of group MS (state VI: recovery 1). Before a second re-irrigation of group HS at day 7 the leaf temperature of HS plants raised again up to 2,5°C higher than FI control plants (state VII: mild stress 2, and

state VIII: high stress 2). After this re-irrigation event the leaf temperature of HS plants again fell to the level of MS plants (state IX: recovery 2).

The states for group MS stated in figure 1 and labeled with a * are considered to be similar but not equal to comparable states of group HS. For example, state VI of group HS denotes the recovery phase after a first, severe water stress. State VI* also denotes the recovery phase after a first water stress, but only a mild stress. It is assumed that these two recovery states are not equal.

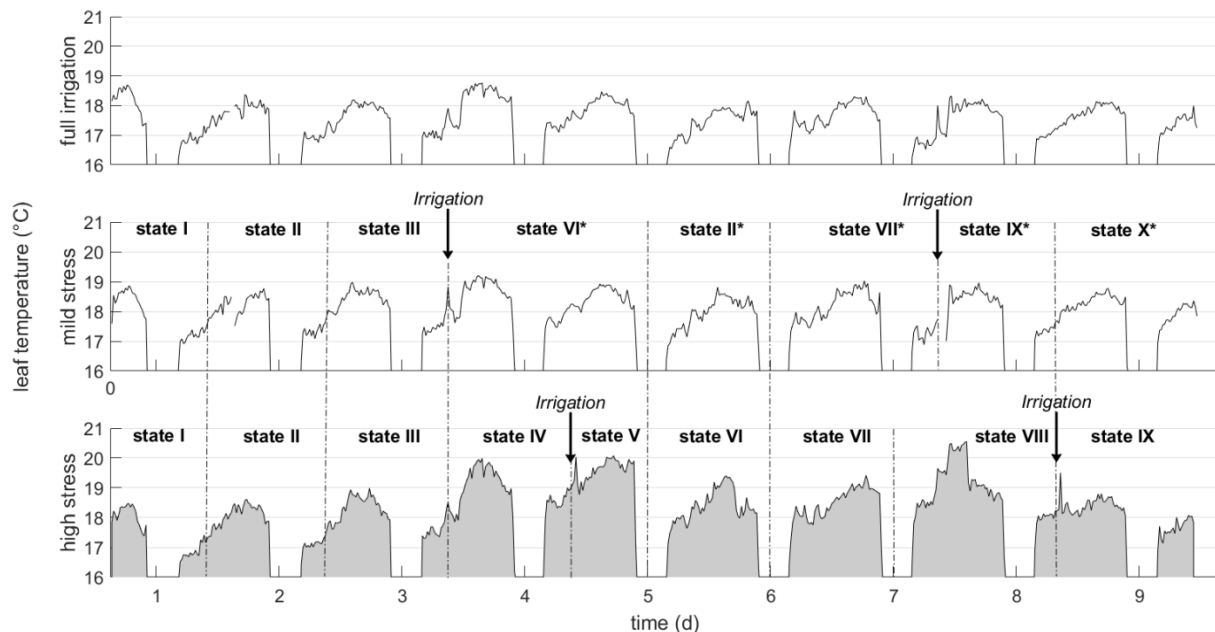


Fig. 1: Qualitative distinction of system states for maize plants at high water stress (grey shaded) based on diurnal leaf temperature courses compared to plants at full irrigation and mild stress.

A quantitative analysis of above mentioned variables was implemented in order to identify state transition conditions. Based on the measured dataset and in accordance with experiments described in literature [3] the measurement of a mean leaf temperature permits the distinction between highly-water stressed plants (state IV) and fully irrigated plants. A mild water stress (state III) instead could not be identified precisely. Further analysis of quantitative variables, particularly related to leaf temperature variances [4] and oscillations [5] is required.

Literature

- [1] Davies, W. J.; et al.: *Novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture*, Journal of Agricultural Science, 149 (2011), p. 123-131
- [2] Geerts, S.; Raes, D.: *Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas*, Agricultural Water Management, 96 (9) (2009), p. 1275-1284
- [3] Jackson, R.; et al.: *Canopy temperature as a crop water stress indicator*, Water Resources Research, 17 (4) (1981), p. 1133-1138
- [4] González-Dugo, M. P.; et al.: *Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity*, Irrigation science 24 (4) (2006), p. 233-240
- [5] Zimmermann, U.; et al.: *Effects of environmental parameters and irrigation on the turgor pressure of banana plants measured using the non-invasive, online monitoring leaf patch clamp pressure probe*, Plant Biology, 12 (3) (2010), p. 424-436

Bedeutung der Kombination von erhöhten CO₂-Konzentrationen und temporärem Hitzestress auf die Ertragsphysiologie von Winterweizen und deren Modellierung

Adam Luig¹, Remy Manderscheid², Martin Erbs³, Arne M. Ratjen¹,
Hans-Joachim Weigel² und Henning Kage¹

¹ Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Hermann-Rodewald-Str. 9, D-24118 Kiel

² Thünen-Institut für Biodiversität, Bundesforschungsinstitut für Ländliche Räume, Wald und Fischerei, Bundesallee 50, D-38116 Braunschweig

³ Interdisziplinäres Forschungszentrum (IFZ), Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26, D-35392 Gießen

Einleitung

Erhöhte CO₂-Konzentrationen sowie Temperaturen werden die Ertragsbildung von Winterweizen in Zukunft verändern. In Klimakammerexperimenten sind die ertragsphysiologischen Prozesse rund um die Anthese als besonders sensitiv gegenüber Hitzestress identifiziert worden (VARA PRASAD & DJANAGUIRAMAN, 2014). Aufgrund einer verringerten Transpiration unter erhöhten CO₂-Konzentrationen sind in Zukunft generell höhere Bestandestemperaturen (T_c) zu erwarten. Somit können kritische Temperaturbereiche während sensibler Entwicklungsstadien früher erreicht werden und im Zusammenhang mit dem vermehrten und früheren Auftreten von Hitzewellen in der Vegetationsperiode wäre ein erhöhtes Risiko von Ertragseinbußen durch Hitzestress die Folge. Inwieweit die beobachteten Hitzestresseffekte auf Feldebene zum Tragen kommen, ist bisher jedoch unzureichend untersucht.

Material und Methoden

In 2013/2014 und 2014/2015 wurden Winterweizenbestände (*Triticum aestivum* cv. ‚Batis‘) in Braunschweig in einer Free Air Carbon Enrichment-Anlage (FACE; HENDREY & KIMBALL, 1994) sowohl heute vorherrschenden als auch erhöhten CO₂-Konzentrationen kultiviert (Ambient: ca. 400ppm / FACE: 600ppm ab EC 31). Zusätzlich wurden T_c mithilfe von kreisförmig angeordneten Infrarotheizstrahlern (T-FACE; KIMBALL ET AL., 2008) während ausgewählter Entwicklungsstadien erhöht: (i) kurzfristig vor und während der Anthese zur Induktion von Hitzestress (EC 55 & 65), sowie (ii) kontinuierlich während der Kornfüllungsphase zur chronischen Erwärmung während der Kornfüllungsphase (+2 & +4°C). Vegetationsbegleitend wurde neben Handernten nicht destruktiv T_c, das Pflanzenwachstum und die Wasserversorgung erfasst. Die Bestände wurden ausgleichend bewässert, um Trockenstress vorzubeugen. Mithilfe von logistischen Funktionen wurde nach Robert et al. (1999) die Kornfüllungsdauer auf Basis der T_c geschätzt.

Tab. 1: Während der Hitzestressexperimente gemessene Bestandestemperatursummen über 27°C [°C *min] und geschätzte Kornfüllungsdauern [°C *d] in +2 & +4 °C Varianten

		Bestandestemperatursumme _{Basis = 27°C} [°C*min]		Kornfüllungsdauer _{Basis = 0°C} [°C*d]		
		2013/2014	2014/2015	2013/2014	2014/2015	
Ambient	Kontrolle	11	117	Kontrolle	535	536
	EC 55	-	452	+2°C	563	537
	EC 65	1521	174	+4°C	585	545
FACE	Kontrolle	48	69	Kontrolle	560	532
	EC 55	-	695	+2°C	591	549
	EC 65	2409	458	+4°C	608	563

Ergebnisse und Diskussion

Erhöhte CO₂-Konzentrationen resultierten in einem um 14% höheren Ertrag durch ein gleichzeitige Steigerung der Kornzahl und der Tausendkornmasse. Obwohl das Verhältnis von Kornzahl zu Spreugewicht (als Indikator für die Ährenfertilität) um bis zu 5 % gesenkt wurde, wurde durch den induzierten Hitzestress vor und während der Anthese (Tab. 1) kein signifikanter Ertragseffekt hervorgerufen. Dies begründet sich durch einen kompensatorischen Anstieg der Tausendkornmasse.

Um 4°C erhöhte T_c in der Kornfüllungsphase resultieren in niedrigeren Tausendkornmassen (-5%), während in den um 2°C erwärmten Beständen keine Effekte auf Ertragsparameter beobachtet werden konnten. In Abhängigkeit der Strahlungsbedingungen in der Kornfüllungsphase hat die chronische Erwärmung die T_c basierte Kornfüllungsdauer verlängert.

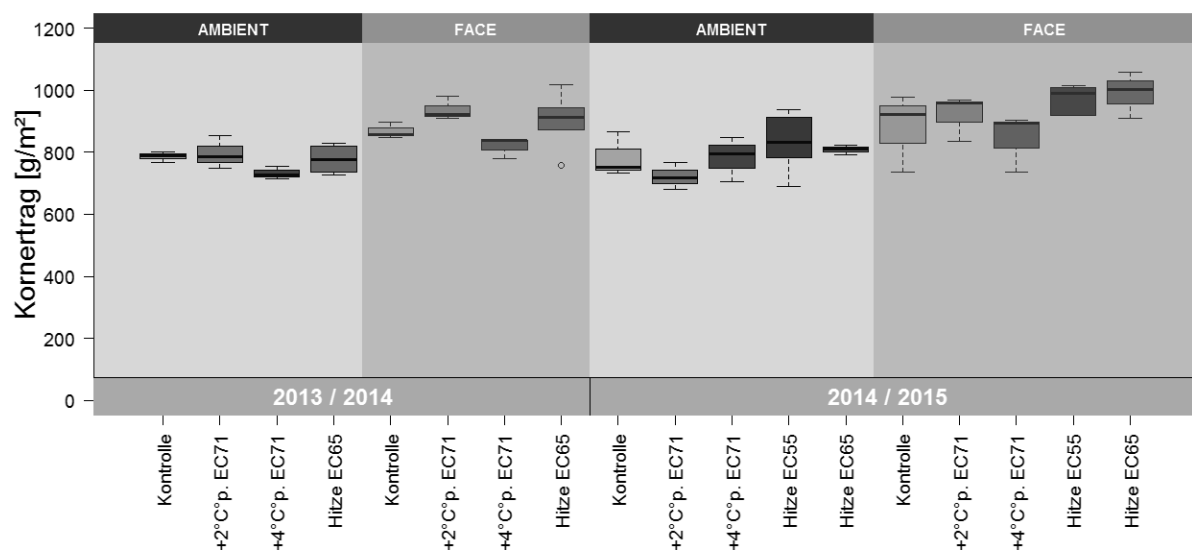


Abb. 1: Boxplotdiagramme der gemessenen Kornerträge der getesteten Varianten unter Ambient und FACE in den Versuchsjahren 2013/2014 and 2014/2015

Die mittlere Differenz der T_c zwischen Ambient- und FACE-Parzellen war < 1°C. Im durchgeführten Versuch hat die Transpirationskühlung das Überschreiten von kritischen Temperaturen weitestgehend vermieden und somit sind Ertragsdepressionen durch Hitzestress nicht zum Tragen gekommen bzw. wurden durch physiologische Reaktionen kompensiert. Abgeleitete Ansätze zur Implementierung dieser Vermeidungs- und Kompensationsstrategien unter Berücksichtigung von T_c in Pflanzenwachstumsmodellen sollen im Vortrag vorgestellt und diskutiert werden.

Literatur

- Kimball, B.A. and Bernacchi, C.J. (2006) Evapotranspiration, canopy temperature and plant water relations; *Ecological Studies*; 187; 311 - 324
- Kimball, B.A. and Conley, M. (2009) Infrared heater arrays for warming field plots scaled up to 5m diameter; *Global Change Biology*; 149; 721 - 724
- Vara Prasad, P.V. and Djanaguiraman, M. (2014) Response of floret fertility and individual grain weight of wheat to high temperature stress: sensitive stages and thresholds for temperature and duration; *Functional Plant Biology*; 41; 1261- 1269

Modellierung von physiologischen Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen (*Hordeum vulgare* L.)

Christoph Dolch und Hartmut Stützel

Gottfried Wilhelm Leibniz Universität - Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover.
E-Mail: dolch@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Trockenheit und Wassermangel sind bereits heute die größten ertragslimitierenden Faktoren in südlichen Ländern der Erde (Forster et al., 2004) und durch die erwartete Klimaerwärmung würde Trockenstress auch in weiteren Regionen der Erde zunehmen (Umweltbundesamt, o. A.). Forschung und Züchtung suchen daher nach Genen, welche als Grundlagen genutzt werden können, um die Trockentoleranz von zukünftigen Nutzpflanzen zu erhöhen (Honsdorf et al., 2014). Im Jahr 2012 wurde an der Leibniz Universität Hannover ein mehrjähriges Projekt zur Charakterisierung der physiologischen Diversität von Trockenstressreaktionen in den Sprossorganen verschiedener Sommergerste-Genotypen begonnen. Gerste gilt als die trocken-toleranteste, kleinsamige Getreideart (Forster et al., 2004). Für 200 diverse, aber an mitteleuropäische Anbaubedingungen angepasste Genotypen, wurden die physiologischen sowie morphogenetischen Reaktionen von Sommergersten auf knappe Wasserversorgung quantifiziert und physiologische Beziehungen ihrer Ertragsbildung unter dem Einfluss von Trockenstress in der vegetativen und generativen Phase ermittelt. Ziel des Projekts ist die Erstellung und Analyse unterschiedlich detaillierter genetisch basierter Modellansätze zur Quantifizierung der Trockenstressreaktion von Sommergersten.

Material und Methoden

Das Experiment besteht aus mehreren Gefäßversuchen, welche in den Jahren 2012 bis 2015 in einer Vegetationshalle durchgeführt wurden. Die einzelnen Versuche dienen als zeitliche Wiederholung. Drei der insgesamt 6 Versuche wurden in der generativen Phase der Pflanzen durchgeführt, die restlichen Versuche in der vegetativen Phase. Für jeden Gefäßversuch wurden 200 diverse Sommergerste-Genotypen aus der „Barley Core Collection“ (Bothmer et al., 2004) verwendet, welche in einem bestandesähnlichen split-plot-Design als zweifaktorieller Versuch aufgebaut wurden. Es gibt zwei Bewässerungsstufen, die regelmäßig bewässerte Kontrolle und die trockengestresste Variante, wobei jeder Genotyp in den zwei Gruppen einmalig vertreten ist.

Die Transpirationsverluste der Pflanzen der Kontroll-Variante wurden regelmäßig durch Bewässerung ausgeglichen. Die Bewässerung der Pflanzen der Stress-Variante wurde hingegen ab einem bestimmten Stadium eingestellt (vegetativ: Stressbeginn ab Bestockung; generativ: ab Ährenschieben). Durch regelmäßiges Wiegen der Gefäße wurde die Transpiration der Pflanzen und die aktuelle Fraktion des transpirierbarem Bodenwassers (FTSW) ermittelt. Der Stress endete, wenn der Wasserverbrauch der gestressten Pflanze nur noch 10 % des Wasserverbrauchs ihrer entsprechenden Kontrollpflanze betrug.

Ergebnisse

In einem physiologischen Ertragsbildungsmodell wurden die genotypspezifischen Reaktionen auf Trockenstress anhand gemessener Daten, (u. a. Blattlängenwachstum, Anzahl Bestockungstriebe, Ährenertrag, stomatäre Leitfähigkeit, Blattwasserpotenzial und Transpirationsrate) sowie daraus abgeleiteter Parameter und physiologischer Prozessgleichungen simuliert. Für diverse Parameter der funktionalen Beziehungen konnten QTLs geschätzt werden, welche als genetische Komponente in das Modell einfließen, um die ertragsphysiologischen Prozesse mit Hilfe genetischer Informationen abzubilden.

Literatur

- Bothmer, R. v., H. Knüpfner & K. Sato (2004): International Barley Core Collection Status Report. International Barley Genetics Symposium. Online verfügbar unter: <http://wheat.pw.usda.gov/ggpages/bgn/34/BCC.htm> (Stand: 04.07.2014)
- Forster, B.P., R.P. Ellis, J. Moir, V. Talame, M.C. Sanguineti, R. Tuberosa, D. This, B. Teulat-Merah, I. Ahmed, S.A.E.E. Mariy, H. Bahri, M. El. Ouahabi, N. Zoumarou-Wallis, M. El-Fellah & M. Ben Salem (2004): Genotype and phenotype associations with drought tolerance in barley tested in North Africa. *Ann. appl. Biol.* 144, 157-168.
- Honsdorf, N., T.J. March, B. Berger, M. Tester & K. Pillen (2014): High-throughput phenotyping to detect drought tolerance QTL in wild barley introgression lines. *PLoS ONE* 9 (Issue 5), 1-13.
- Umweltbundesamt (o.A.): Folgen des Klimawandels. Online verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/themen/klima-energie/klimafolgen-anpassung/folgen-des-klimawandels> (Stand: 27.06.2014).

Selenium enriched green pea grown in sandy soil

Farzaneh Garousi and Béla Kovács

University of Debrecen, Faculty of Agricultural and Food Sciences and Environmental Management, Institute of Food Science, H-4032 Debrecen Böszörményi str. 138, Hungary.

E-Mail: farzaneh@agr.unideb.hu

Introduction

Selenium (Se) deficiency has been identified as the cause of different diseases, mainly in those regions where selenium level in soil is noticeably low. This element is considered essential for humans and animals since it forms part of different enzymes such as glutathione peroxidase. Se content in soils is inherited from parent material and its distribution strongly reflects soil forming processes and atmospheric deposition. Sandy soils, which developed under humid climate, particularly in podzols, have the lowest amounts of Se (Ramady et al., 2014). Therefore, Inorganic Se (mainly as SeO_4^{2-} or SeO_3^{2-} , when it is present in soluble forms) fertilization and the Se uptake by plants can solve Se deficiency in the soils, humans and animals (Kabata- Pendias, 2011). But another important factor to consider is that the window of Se intake from deficiency to toxicity is rather narrow, necessitating detailed studies on the efficacy of Se biofortification through fertilization if this approach is to be adopted on a commercial scale (Broadley et al., 2010).

Material und Methoden

The greenhouse pot experiment was performed with sandy soil. Se (as two forms of sodium selenite (Na_2SeO_3 ; active form: Se^{IV}) and sodium selenate (Na_2SeO_4 ; active form: Se^{VI}) in two concentrations 0 (control) and 30 mg kg^{-1} were manually sprayed and supplemented to the soil as an aqueous solution. Green Peas (*Pisum sativum* L.) were sown in separate experiments with three replications and the bi-factorial trials were arranged in a randomized complete block design. Pots were weighed daily and lost water was added with ion exchanged water. At the third stage of growing (the third true leaf has unfolded at the third node), immature plants were removed so that eight intact and mature plants were remained in every pot. Growing period lasted 50 days in May and June and plants were harvested at maturity. Morphological traits, Relative Chlorophyll Content (SPAD level), chlorophyll fluorescence parameters, malondialdehyde content, peroxidase (POX) activity, total soluble protein content and quantification of total Se of green pea were measured.

Results and Discussion

Due to high doses Se toxicity, especially in Se^{VI} treatments, $30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Se}^{\text{VI}}$ samples didn't grow. Whereas compared to the control, $30 \text{ mg kg}^{-1} \text{ Se}^{\text{IV}}$ decreased the growth biomarkers. The root length and dry mass of shoot, 22.7% and 27.2% respectively. SPAD level, chlorophyll fluorescence parameters, POX activity of leaves by 32%, and total protein content near to 30% showed also significant decrease while membrane lipid peroxidation 40.3% increased. At the same time, the total Se content in all of the green pea plant's organs increased with increasing Se^{IV} . Below table shows these changes.

Applied Se (mg kg ⁻¹)	Root	Shoot	Pod	Seed
Control	1.02±0.21	0.59±0.09	0.29±0.00	0.03±0.00
30 Se ^{IV}	788±15	32.6±2.81	29.06±0.45	60.5±5.1.41

Roots, seeds, shoots and pods had the order of the most to the least total Se content in both control and 30 mg kg⁻¹ treatments.

Therefore, all of these results show that high Se^{IV} concentrations not only don't have beneficial effects, but also will exert toxic effects on plant.

Literature

Broadley MR. – Alcock J. – Alford J. – Cartwright P. – Foot I. – Fairweather-Tait SJ. – Hart DJ. – Hurst R. – Knott P. – McGrath SP. – Meacham MC. – Norman K. – Mowat H. – Scott P. – Stroud JL. – Tovey M. – Tucker M. – White PJ. – Young SD. – Zhao F-J. (2010): Selenium biofortification of high-yielding winter wheat (*Triticum aestivum* L.) by liquid or granular Se fertilisation. *Plant and Soil*. 332. 5–18. doi: 10.1007/s11104-009-0234-4

El-Ramady H. – Alshaal T. – Domokos-Szabolcsy É. – Shalaby T. – Bayoumi Y. – Elhawat N. – Sztrik A. – Prokisch J. – Fári M. (2014b): Selenium and its role in higher plants. In: Lichtfouse E (ed) *Environmental chemistry for a sustainable world*. vol 6. Springer, Berlin.

Kabata-Pendias E. (2011): *Trace elements in soils and plants*, 4th edn. CRC Press, Taylor & Francis, Boca Raton.

Aufbereitung von Gärrückständen aus der Bioabfallvergärung: Wirkung auf Wachstum und Ertrag von *Avena sativa* L. und *Brassica napus* L. im Gefäß

Christina-Luise Roß¹, Ulrike Herbst², Karen Sensel-Gunke¹ und Frank Ellmer²

¹ Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP),

² Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. E-Mail: roschris@iasp.hu-berlin.de

Einleitung

Bioabfall ist ein geeignetes Substrat für Biogasanlagen, da er unter mesophilen wie auch unter thermophilen Bedingungen effektiv vergoren werden kann [1]. Im Hinblick auf das Recyceln wertvoller Pflanzennährstoffe ist eine Verwertung der Gärreste als Dünger in der Landwirtschaft erklärtes Ziel der Politik [2, 3].

Untersuchungsgegenstand waren verschiedene Produkte, die durch Vergärung und anschließende Kompostierung von Bioabfällen entstanden sind und in unterschiedlicher Weise aufbereitet wurden. In zwei konsekutiven Gefäßversuchen mit Hafer und Sommerraps wurde der Einfluss verschiedener Aufbereitungsschritte auf die Nährstoffverfügbarkeit und Düngewirkung der Gärprodukte ermittelt.

Material und Methoden

Versuch 1:

Getestet wurde kompostierter Gärrest aus Bioabfällen, der durch Sieben („Feinfraktion“) bzw. Handsortierung („Grobfraktion“) von Störstoffen befreit und zu Agglomeraten oder Pellets weiterverarbeitet wurde. Zum Vergleich wurde ein fester Gärrest aus einer landwirtschaftlichen Biogasanlage mit Separierung eingesetzt. Alle Gärprodukte wurden in zwei Aufwandmengen (ein und drei Gramm Stickstoff je Gefäß (6 kg Boden)) eingesetzt. Als Ergebnis des Versuchs wurde die Agglomeratbildung als geeignetste Form der Aufbereitung identifiziert.

Versuch 2:

Untersucht wurden Agglomerate aus kompostiertem Gärrest aus der Fermentation von Bioabfällen („GR“) mit verschiedenen Zuschlagstoffen (Tiermehl („TM“) und Mineraldünger, jeweils mit und ohne Kombination mit Stroh und Ton), wobei die Zuschlagstoffe den Nährstoffgehalt und die Nährstofffreisetzung verbessern sollten. Zum Vergleich wurden Agglomerate, Pellets und Feinfraktion ohne Zuschlagstoffe sowie ein Mineraldünger (Kalkammonsalpeter, „KAS“) angewendet. Alle Varianten wurden mit einer Aufwandmenge von drei Gramm Stickstoff je Gefäß (6 kg Boden) getestet.

Ergebnisse

Versuch 1:

Bei beiden Fruchtarten wurden die höchsten Erträge in den Varianten erzielt, die mit Agglomeraten oder mit gesiebttem Kompost („Feinfraktion“) gedüngt wurden (Abb. 1). Pelletierung stellte sich hingegen als ungeeignete Aufbereitungsform dar. Ungesiebter und nicht weiter aufbereiteter Kompost aus vergorenem Bioabfall („Grobfraktion“) erwies sich aufgrund des höheren Störstoffanteils für die Ertragsbildung ebenfalls als problematisch.

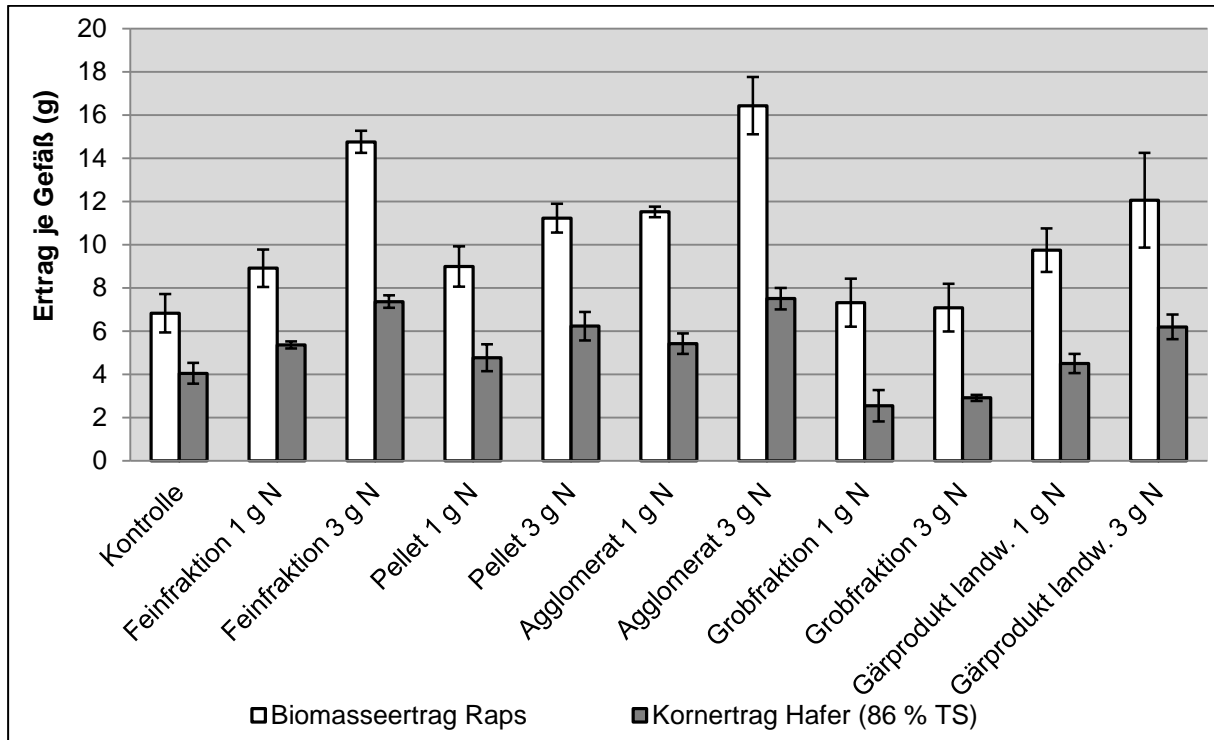


Abb. 1: Biomasseertrag von Sommerraps und Kornertrag von Hafer nach Düngung mit verschiedenen Gärprodukten aus Bioabfällen bzw. aus landwirtschaftlichen Substraten in zwei Aufwandmengen (ein und drei Gramm Stickstoff („N“) je Gefäß) im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle. Fehlerbalken = Standardabweichung, n = 4.

Versuch 2:

Durch die Zugabe von Tiermehl und Mineraldünger konnte die Düngewirkung der Agglomerate bei Hafer und Sommerraps um das Fünf- bis Zehnfache gesteigert werden. Agglomerate mit Tiermehl führten bei vergleichbaren Stickstoffmengen zu 15 - 20 % geringeren Erträgen als Agglomerate mit KAS. Die zusätzliche Zugabe von Ton oder Stroh erhöhte im Versuch mit Hafer die Düngewirkung der Agglomerate mit Tiermehl. Bei Sommerraps sowie für die Agglomerate mit KAS war dieser Effekt nicht zu beobachten.

Literatur

- [1.] Zhang, C., et al., Reviewing the anaerobic digestion of food waste for biogas production. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2014. 38: p. 383-392.
- [2.] BMELV, Das Erneuerbare-Energien-Gesetz: Daten und Fakten zur Biomasse – Die Novelle 2012, L.u.V.B. Bundesministerium für Ernährung, Editor. 2012: Berlin.
- [3.] LfL, Was ist bei der landwirtschaftlichen Verwertung von Bioabfällen zu beachten? Merkblatt der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL). 2013

Einfluss der Aufbereitung von Gärresten auf ihre Zusammensetzung und die Düngewirkung bei Kulturpflanzen

Ioana Petrova¹, Carola Pekrun² und Kurt Möller¹

¹ Universität Hohenheim, Stuttgart; ² Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Nürtingen. E-Mail: Ioana.Petrova@uni-hohenheim.de

Einleitung

Organische Düngemittel sind wichtige Quellen essentieller, sowohl sofort pflanzenverfügbarer als auch organisch gebundener, Nährstoffe. Ihre Applikation hat einen positiven Effekt auf die Bodeneigenschaften und die Bodenfruchtbarkeit (Muñoz et al., 2004). Ein Beispiel für solche organische Düngemittel sind Gärreste, die als Nebenprodukt bei der anaeroben Vergärung entstehen. Dabei gewinnen Gärrest-aufbereitungsverfahren zur Erhöhung der Transportwürdigkeit zunehmend an Bedeutung. Die dadurch erzielte Volumenreduktion und Aufkonzentrierung der enthaltenen Nährstoffe ermöglichen ihren kultur- und standortspezifischen Einsatz. Das vorgestellte Forschungsvorhaben beinhaltet die Bewertung der Düngewirkung unterschiedlich aufbereiteter Gärreste auf den Ertrag und die Stickstoffaufnahme bei vier Kulturpflanzen. Dieser Aspekt wurde im Rahmen eines Gefäß- und eines Feldversuches näher betrachtet. Folgende Hypothesen sollten überprüft werden:

- Die N-Düngewirkung hängt vom Ausgangssubstrat ab.
- Eine zunehmende Weiteraufbereitung beeinflusst die N-Düngewirkung der flüssigen Fraktion positiv und die der festen Fraktion negativ.
- Mit zunehmendem $\text{NH}_4\text{-N}$ -Gehalt am Gesamtstickstoff steigen die Mineraldüngeräquivalente (MDÄ) an.

Material und Methoden

Die hier verwendeten Gärreste stammen aus zwei verschiedenen Aufbereitungswegen. Zum einen die Weiteraufbereitung der festen Fraktion nach der Separierung mit dem Endprodukt Pellet. Zum anderen die Verarbeitung der flüssigen Fraktion, deren Endprodukte das Konzentrat nach Verdampfung, der N-reduzierte Gärrest und die Ammoniumsulfat-Lösung (ASL) nach ANA-Strip sind.

Gefäßversuch zur Abschätzung der Düngewirkung verschiedener Gärreste

Der Gefäßversuch stellt eine Fruchtfolge aus Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne* L.) und Mais (*Zea mays* L.) dar. Er wurde als vollständig randomisierte Blockanlage in Mitscherlich-Gefäßen angelegt. Als Vergleichsvarianten zu den verwendeten Gärresten dienten eine ungedüngte Kontrolle und der Mineraldünger Kalkammonsalpeter (KAS). Die applizierte Düngermenge betrug 250 kg N ha^{-1} für Dt. Weidelgras und 170 kg N ha^{-1} für Mais. Die Saatstärke lag bei 2 g pro Gefäß bei Dt. Weidelgras und 3 Körner pro Gefäß bei Mais. Die Vegetationsperiode von Dt. Weidelgras betrug 12 Wochen und die des Mais 8 Wochen.

Feldversuch zur MDÄ-Bestimmung

Der Feldversuch wurde im Frühjahr/Sommer 2015 auf einer der Versuchsflächen des Hofgutes Tachenhausen der Hochschule Nürtingen-Geislingen durchgeführt. Als Versuchspflanzen wurden Mais (*Zea mays* L.) und Sommerweizen (*Triticum aestivum* L.) verwendet. Die Versuchsdesigns bestanden auch hier jeweils aus

vollständig randomisierten Blockanlagen. Die als Gärrest applizierte Düngermenge betrug 100 kg N ha^{-1} . Als Referenz dazu dienten die ungedüngte Kontrolle und 4 verschiedene Dünge­stufen des Miner­aldüngers KAS (25, 50 75 und 100 kg N ha^{-1}). Die Saatstärke betrug 370 keimfähige Körner m^{-2} bei Sommerweizen und 11 keimfähige Körner m^{-2} bei Mais.

Ergebnisse und Diskussion

Die in diesem Kapitel vorgestellten Ergebnisse stellen lediglich einen Teil des gesamten Datensatzes dar.

Gefäßversuch

Als Vergleichsgröße wurde die N-Aufnahme in mg pro Gefäß ausgewählt. Eine eindeutige Tendenz ist bei beiden Kulturen erkennbar. Eine Weiteraufbereitung sowohl der festen, als auch der flüssigen Fraktion nach der Separierung führt zu einer abnehmenden N-Aufnahme in der oberirdischen Biomasse. Es konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den einzelnen Gärresten sowohl innerhalb als auch zwischen den Aufbereitungswegen festgestellt werden. Die signifikant höchste N-Aufnahme wies die KAS-Variante bei beiden Kulturen auf. Die ungedüngte Kontrolle zeigte die signifikant niedrigste N-Aufnahme.

Diese Ergebnisse widersprechen den Ergebnissen von Fouda (2011), wo gezeigt wurde, dass die flüssige Fraktion nach der Separierung zu einer höheren N-Aufnahme führte, als eine Miner­aldünger-Behandlung. Der Feststoff wies eine niedrigere bzw. ähnliche N-Aufnahme auf.

Da der Versuch noch nicht abgeschlossen ist, kann bisher keine exakte Aussage über die langfristige Wirkung der Gärreste auf die N-Aufnahme gemacht werden.

Feldversuch

Die Berechnung der MDÄs zeigt, dass die Düngewirkung der ASL höher ist, als die der Miner­aldüngerkontrolle KAS, wenn eine Gesamt-N-Menge von 100 kg ha^{-1} ausgebracht wurde. Diese Tendenz ist bei beiden Feldfrüchten erkennbar. Die Düngewirkung der Pellet-Variante entsprach der von 50 kg N ha^{-1} in Form von KAS und kann somit als ein potenzielles Miner­aldünger­substitut betrachtet werden. Die geringste Düngewirkung zeigte die Pellet-Vorstufe („Feststoff nach Trocknung“). Sie lag unterhalb der ungedüngten Kontrollvariante.

Im Einklang mit den Ergebnissen von Cavalli et al. (2016) wies die ASL die signifikant höchste N-Aufnahme in der oberirdischen Biomasse auf. Die dort beschriebene Tendenz, dass die Behandlung mit der flüssigen Fraktion nach der Separierung zu einer höheren N-Aufnahme als die mit der festen Fraktion führt, wurde im Rahmen dieses Versuches bestätigt.

Literatur

- Cavalli, D., Cabassi, G., Borrelli, L., Geromel, G., Bechini, L., Degano, L., Gallina, P.M. 2016: Nitrogen fertilizer replacement value of undigested liquid cattle manure and digestates. *Europ. J. Agronomy* 73, 34-41.
- Fouda, S. E-S., 2011: Nitrogen availability of biogas residues. Dissertation. Technische Universität München, München, 28-80.
- Muñoz, G. R., Kelling, K. A., Powell, J. M., Speth, P. E. 2004: Comparison of estimates of first-year dairy manure nitrogen availability or recovery using nitrogen-15 and other techniques. *J. Environ. Qual.* 33, 719-727.

Gülleunterfußdüngung zu Mais – Nährstoffaufnahme in der Jugendentwicklung

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

Hochschule Osnabrück, Fakultät für Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur, Osnabrück.
E-Mail: c.federolf@hs-osnabrueck.de

Einleitung

In den Veredlungsregionen Nordwestdeutschlands ist der Einsatz hoher Wirtschaftsdüngergaben zu Ackerkulturen üblich. So wird auch der Nährstoffbedarf von Mais (*Zea mays* L.) vorwiegend durch ausreichende Gaben breitflächig eingearbeiteter Wirtschaftsdünger gedeckt. Um der eingeschränkten Nährstoffverfügbarkeit in der Jugendentwicklung des Maises entgegen zu wirken, werden zusätzlich mineralische NP-Unterfußdünger eingesetzt. Die N- und P-Bilanzen dieser Flächen weisen meist hohe Überschüsse auf. Neuere Entwicklungen in der Gülletechnik, kombiniert mit automatischen Lenk-systemen ermöglichen eine Platzierung der Gülle im Depot-Band unter der später angelegten Maisreihe. Die hohe Nährstoffkonzentration in diesen Bändern soll durch eine Verbesserung der räumlichen Verfügbarkeit die Jugend-entwicklung des Maises fördern (Federolf et al., 2016). Zudem kann unter Umständen der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes zu injizierter Gülle die Nitratauswaschung reduzieren und so die Stickstoffverfügbarkeit weiter steigern. Wie sich die Nährstoffaufnahme während der Vegetation darstellt, wenn Gülle als Unterfußdünger eingesetzt wird, wurde in einem zweijährigen Versuch an der Hochschule Osnabrück geprüft.

Material und Methoden

Auf zwei Schlägen mit sandigem Boden (Ackerzahl 31 – 33) erfolgte in den Jahren 2014 und 2015 die Anlage eines Versuches zur Stickstoffdynamik bei Gülleunterfußdüngung (GUF). Über das Mineralisationspotenzial der Standorte sollte eine ungedüngte Kontrolle Aufschlüsse geben. Daneben wurde das „Standardverfahren“ (Gülle nach N-Sollwert [180 kg N ha^{-1}] per Schleppschlauch ausgebracht und eingearbeitet plus mineralischer Unterfußdünger zur Saat [$23\text{-}10 \text{ N-P kg ha}^{-1}$]) mit der GUF verglichen. Dort kam dieselbe Güllemenge injiziert in 10 cm Tiefe unter der später angelegten Maisreihe zum Einsatz. Es erfolgte kein N-P Ausgleich für den Unterfuß-dünger. Die GUF wurde ohne und mit Nitrifikationshemmstoff (10 l ha⁻¹ Entec FL, EuroChem Agro, Mannheim) getestet. Im Verlauf der Vegetation wurde an mehreren Terminen der Trockenmasseaufwuchs und dessen N- und P-Gehalt untersucht und der N_{min} -Gehalt im Boden nach einem eigens entwickelten Verfahren ermittelt (Westerschulte et al., 2015).

Ergebnisse und Diskussion

Während im Jahr 2014 starke Niederschläge im Mai zu einer wesentlichen Nitrat-Verlagerung insbesondere in der Standardvariante führten, blieb der Stickstoff während der gesamten Vegetationsperiode 2015 in der Wurzelzone (vgl. Abb. 1). Die geringere Boden-Dünger-Interaktion reduzierte die Nitrifizierung, deshalb war die N-Verfügbarkeit der Depot-Gülle in 2014 deutlich besser. Dies resultierte in einer besseren Pflanzenentwicklung und höheren Erträgen. 2015 regnete es bis Ende Juni nur wenig, die Nitrat-Bewegung im Boden war daher gering. Geringe Temperaturen reduzierten allerdings die P-Verfügbarkeit aus der Gülle. Pflanzen in den Kontroll-

und GUF Parzellen entwickelten sich langsamer und waren deutlich verfärbt. Mit NI oder UFD traten weniger Mangelsymptome auf, die Jugendentwicklung verlief zügiger. Die Erträge waren letztendlich aber gleich. Da die Nährstoffgehalte des Unterfußdüngers nicht ausgeglichen wurden, lagen die N-Bilanzen im Mittel beider Jahre bei Gülleunterfußdüngung ($-41,5 \text{ kg ha}^{-1}$ ohne NI, bzw. $-53,5 \text{ kg ha}^{-1}$ mit NI) deutlich unter denen der Standarddüngung ($-20,5 \text{ kg ha}^{-1}$).

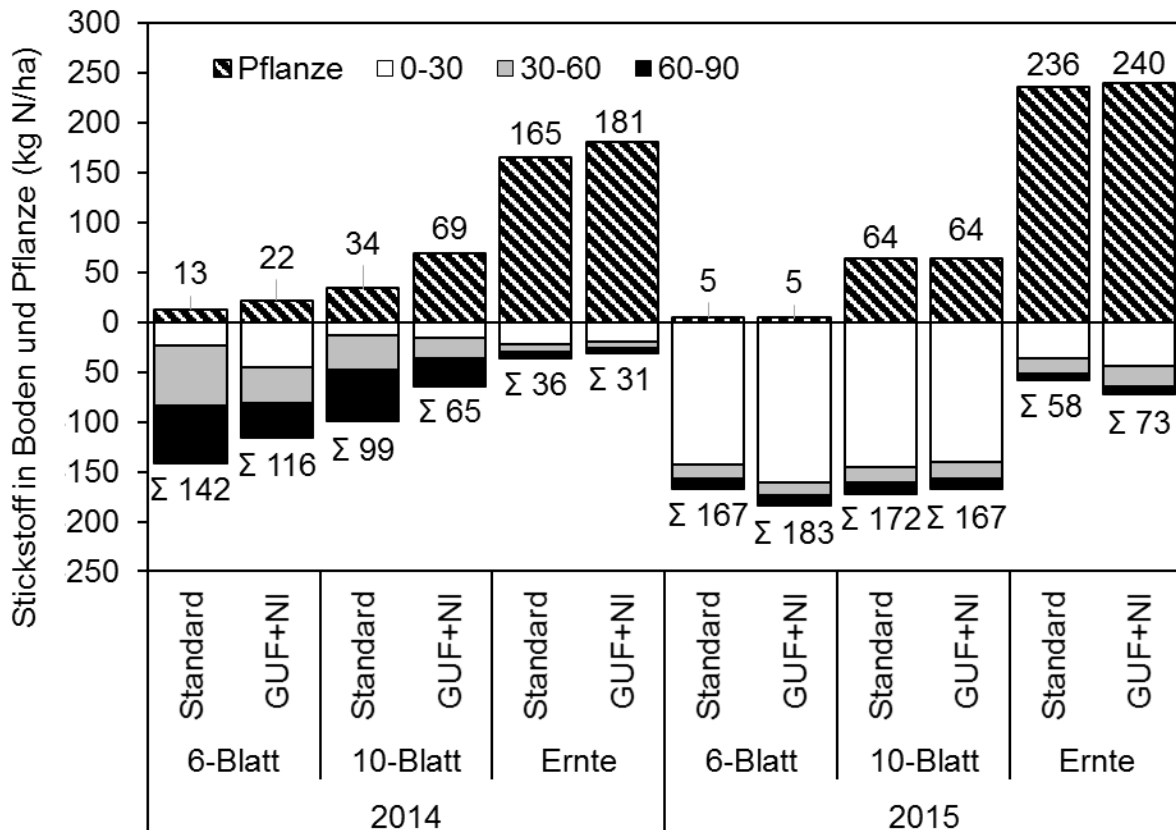


Abb. 1: N_{\min} -Gehalte (0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und die Summe 0-90 cm) und Stickstoffaufnahmen der Varianten Standard und GUF+NI zu je 3 Wachstumsstadien in 2014 und 2015

Fazit

Durch eine platzierte Gülleablage unter der Maisreihe kann die zusätzliche mineralische Unterfußdüngung entfallen. So können die N- und P- Bilanzen entlastet werden. Wird der Gülle ein Nitrifikationshemmstoff zugemischt, steigt die Verfügbarkeit von N und P. Obwohl die Erträge sich nicht unterscheiden führt der Zusatz eines Nitrifikationshemmstoffes zu höheren Stickstoffentzügen.

Literatur

- Federolf, C.-P.; Westerschulte, M.; Olf, H.-W.; Broll, G.; Trautz, D. (2016): Enhanced nutrient use efficiencies from liquid manure by positioned injection in maize cropping in northwest Germany. *European Journal of Agronomy* 75, 130–138.
- Westerschulte, M.; Federolf, C.-P.; Pralle, H.; Trautz, D.; Broll, G.; Olf, H.-W. (2015): Soil nitrogen dynamics after slurry injection in field trials: Evaluation of a soil sampling strategy. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 178, 923–934

Effect of organic and mineral fertilization on soil parameters and yield of sugar beet in a long-term field experiment – results of the year 2015

Aitak Sadeghi and Bernd Honermeier

Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Chair of Agronomy, Justus Liebig University Giessen,
E-Mail: Aitak.Sadeghi@agrار.uni-giessen.de

Introduction

Organic matter affects crop growth and yield directly by supplying nutrients and indirectly by modifying soil physical properties such as stability of aggregates and porosity that can improve the root environment and stimulate plant growth. Among organic fertilizers farm yard manure plays a significant role in humus reproduction, soil structure and plant performance since it includes carbon as well as plant nutrients needed for plant growth (Achieng et al. 2010). In addition, farmyard manure may improve the soil properties due to the activation of biomass for soil microbes.

However, neither inorganic fertilizers nor organic manures alone can sustain productivity so judicious uses of organic manures and inorganic fertilizers are essential to safe guard soil fertility, augment productivity and input use efficiency (Bandyopadhyay et al. 2010).

The objective of this research is to investigate the effect of long-term different fertilization systems carried out over 60 years on selected microbial and chemical soil parameters as well as on yield, quality and nutrient uptake of the crops. In the current study the soil parameters N_{org} and humus content as well as the results of sugar beet which was harvested in 2015 will be presented and discussed.

Material and Methods

The Giessen exhaustion field experiment has been carried out since 1954 as a long-term field experiment in western part of Giessen (50° 36' 36 North, 8° 39' 13.103 East, 158 m above sea level) on silty clay soil under the crop rotation of sugar beet, winter wheat and summer barley. Until today in total 17 rotations of those crops were conducted. The soil texture (0 – 30 cm) includes 28 – 33% clay, 60% silt and 5% sand. The humus content of the topsoil horizon varies around 2% and the field capacity (0 – 100 cm) is about 202 mm. The soil classification is considered as an alluvial soil. The experimental design is factorial based on randomized completely block design with four replications. It includes two factors: factor A comprises three levels of different dosages of fertilization: (1) 50% NPK, (2) 100% NPK, (3) 100% NPK+ cattle manure every third year to the sugar beet. Factor B includes five levels of different combinations of fertilization: (1) N0/P0/K0, (2) N0/P+/K+, (3) N+/P0/K+, (4) N+/P+/K0, (5) N+/P+/K resulting in 15 treatments. In 2015 after harvesting of sugar beet at the end of 17th rotation soil samples from each plot were taken to analyse the status of humus stock, N_{org} and the content of minerals (phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sulphur). In addition, relevant crop parameters of sugar beet plant were measured.

Results and discussion

In result of conducted soil analyses it was found, that both mineral fertilisation and manure application had significant effect on relevant soil parameters. In terms of N_{org} content of soil samples, the interaction effect did not indicate a significant effect. However, main effect of different dosages of fertilization showed a significant difference. The highest value refers to the treatment of NPK plus manure which was 1.59 mg/100g following by 1.25 mg /100g in full amount of NPK and the lowest value is related to 1.19mg/100g in half amount of NPK). The highest amount of organic nitrogen in 100% NPK + manure might be due to some amount of nitrogen in manure and the cumulative effect of it during a long period of time and moreover higher amount of plant material and higher density of root in that treatment lead to higher amount of organic matter and organic nitrogen as well.

With respect to humus content of the soil, there was no significant interaction between both factors whereas main effect of different dosages of mineral fertilization indicated a significant difference. Humus content of the soil was similar in A1: 1.9 % (half amount of NPK) and in A2: 1.9 % (full amount of NPK) but different to A3: 2.6 % (NPK with manure). The reason that fully amount of mineral fertilization plus manure application indicated the higher humus content in comparison with non-manure treatments might be because of higher crop density and higher root density as well, so the interaction between root and rhizosphere was higher which enhanced the activity of soil microorganisms and analyses of soil organic matter.

Regarding the sugar beet yields, a significant interaction between both factors was found. The lowest yield belongs to control and the highest yield refers to the 100% NPK + manure treatment, but there is not any significant effect among fully amount of N fertilizer + manure with each other. The reason that 100% N fertilizers + manure treatments indicate higher beet yield might be explained by sufficient amount of nutrients of mineral N fertilizers that led to yield enhancement. Moreover, the positive effect of manure during the long-term period on soil structure resulted in faster and easier accessibility of water and nutrients to plant root during vegetative and reproductive growth.

It can be concluded that through a long-term period the application of manure carried out every third year resulted in enhancement of soil organic matter that improves the soil fertility. Different dosages of NPK fertilization (without manure) modified the biomass yield but had no effect on humus content in the soil.

Literature

- Achieng, J.O., Ouma, G., Odhiambo, G and Muyekho, F. 2010. Effect of FYM and inorganic fertilizers on maize production alfisols and ultisols in Kakamega, western Kenya. *Agric. Biol. J* 1(4):430-439.
- Bandyopadhyay, K.K., Misra, A. K., Ghosh, P., K and Hati, K.M. 2010. Effect of integrated use of farmyard manure and chemical fertilizers on soilphysical properties and productivity of soybean. *Soil and tillage research J* (110): 115-125.

Unterscheidung von Wurzeln verschiedener Pflanzenarten mittels FTIR-Analyse

Nicole Legner, Catharina Meinen und Rolf Rauber

Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Göttingen. E-Mail: nicole.legner@agr.uni-goettingen.de

Einleitung

Die Fourier Transform Infrarot Spektroskopie (FTIR-Spektroskopie) ermöglicht es Wurzeln verschiedener Arten voneinander zu unterscheiden, wie bereits in Gewächshausexperimenten für weiter entfernte sowie nah verwandte Arten gezeigt werden konnte (Naumann et al. 2010, Meinen & Rauber 2015). Hierfür wurden allerdings immer Wurzeln einer Sorte pro Art verwendet. Um zu überprüfen, ob sich Wurzelspektren auch bei unterschiedlichen Sorten einer Art trennen lassen und ob die interspezifische Variabilität der Spektren generell höher als die intraspezifische ist, wurden verschiedenen Sorten von Erbse, Hafer und Mais sowie verschiedene Herkünfte von Hühnerhirse in Gewächshausexperimenten untersucht.

Material und Methoden

In vier unabhängigen Gewächshausexperimenten wurden die Wurzeln von sechs Erbsensorten (Ps1-Ps6) und fünf Hafersorten (As1-As5) als weiter entfernte Arten sowie sieben Maissorten (Zm1-Zm7) und fünf Hühnerhirse-Herkünfte (Ec1-Ec5) als näher verwandte Arten untersucht. Das Erbsen-/Hafer-Sortenexperiment fand in der Zeit vom 14.10.–04.11.2013 (Exp1-1) statt und wurde vom 17.02.–10.03.2014 (Exp1-2) wiederholt. Das Mais-/Hühnerhirse-Sortenexperiment erfolgte vom 28.10.–11.11.2013 (Exp2-1) und vom 24.02.–17.03.2014 (Exp2-2, Wiederholung). Die jeweiligen Pflanzensorten wurden einzeln in einem Erde-Sand-Gemisch (1:1) in 1 L Töpfen angezogen (n = 10 pro Sorte). Die Töpfe mit Hühnerhirse-Samen wurden für 12 h bei 5 °C in einer Kühlkammer stratifiziert. Die Töpfe wurden in einem randomisierten Blockdesign aufgestellt und von Randpflanzen beider Arten umgeben. Nach 21 Tagen wurden jeweils fünf Wurzelstücke mit 1 cm Länge pro Pflanze geerntet: Wurzelbasis (0 %), Wurzelspitze (100 %), Wurzelmitte (50 %) sowie jeweils zwei Stücke dazwischen (25 % und 75 %). Alle Wurzelstücke wurden bei 60 °C für zwei Tage getrocknet und anschließend mit dem FTIR-Spektrometer (Alpha-P, Fa. Bruker) gemessen. Für jede Wurzelposition einer Sorte bzw. Herkunft wurde der arithmetische Mittelwert (\bar{A}_v) gebildet. Mit diesen Mittelwerten wurden Clusteranalysen (Opus, Bruker) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die FTIR-Spektren der näher verwandten Arten Mais und Hühnerhirse ließen sich per Clusteranalyse in beiden Versuche (Exp2-1, Exp2-2) sowie bei einer gemeinsamen Auswertung beider Versuche (Exp2-1+2-2) eindeutig voneinander unterscheiden. Die interspezifische Heterogenität betrug 4,3; die intraspezifische Heterogenität bei Mais 1,0 und bei Hühnerhirse 1,9 (Abb. 1). Wurden die FTIR-Spektren der Sorten bzw. Herkünfte in Clusteranalysen einzeln miteinander verglichen, so ließen sich jede Maissorte von jeder Hühnerhirsen-Herkunft trennen. Hierfür mussten bei Experiment 2-1 jedoch die Spektren der Wurzelspitzen (100 %) bei der Auswertung ausgeschlossen werden, da diese eine sehr hohe Heterogenität

aufwiesen, welche eine Trennung der Sorten bzw. Herkünfte unmöglich machte (Meinen & Rauber 2015). Führt man eine Clusteranalyse nur mit den Maissorten bzw. den Hühnerhirse-Herkünften durch, so konnte bei Experiment 2-2 auch die Sorten bzw. Herkünfte voneinander unterschieden werden.

Bei den weiter entfernt verwandten Arten Erbse und Hafer entsprachen die Ergebnisse der Clusteranalysen denen der Mais-Hühnerhirse-Experimenten. Die Hafersorten ließen sich in Experiment 1-1 voneinander trennen, bei den Erbsensorten war dies nur bedingt möglich.

Die Sortenwahl hat keinen Einfluss auf die Unterscheidbarkeit der Wurzeln der Arten. Die Wurzeln von jeder der untersuchten Sorte einer Art konnten anhand der FTIR-Spektren der Wurzeln von jeder Sorte der jeweils anderen Art unterschieden werden.

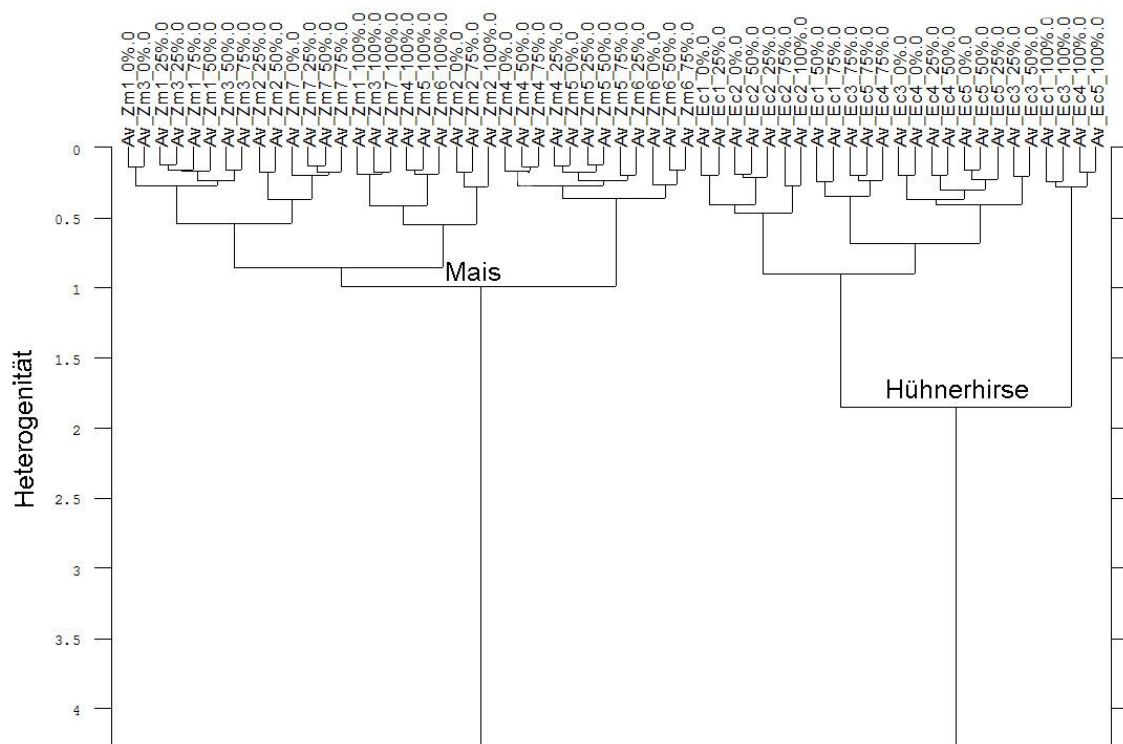


Abb. 1: Clusteranalyse der FTIR-Spektren der Wurzeln der sieben Maissorten sowie fünf Hühnerhirse-Herkünften. Auswertung der kompletten FTIR-Spektren ($3997 - 374 \text{ cm}^{-1}$) von beiden Gewächshaus-experimenten (Exp2-1+2-2) mit 1. Ableitung und Vektornormierung, Ward's Algorithmus und Eukli-dische Distanz. n (Mais) = 17-20 FTIR-Spektren/Mittelwert (Av); n (Hühnerhirse) = 7-20 FTIR-Spektren/Av.

Literatur

- Meinen C, 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.
- Naumann A, Heine G, Rauber R (2010) Efficient discrimination of oat and pea roots by cluster analysis of Fourier transform infrared (FTIR) spectra. *Field Crops Research* 119:78-84.

Quantitative Analyse der Wurzelverteilung in einem Winterackerbohnen-Winterweizen Gemenge mittels Fourier Transform Infrarot (FTIR) Spektroskopie

Juliane Streit, Catharina Meinen und Rolf Rauber

Georg-August-Universität, Department für Nutzpflanzenwissenschaften/Pflanzenbau, Göttingen.
E-Mail: juliane.streit@agr.uni-goettingen.de

Einleitung

Im Vergleich zu ihren Reinsaaten sind Gemenge aus Leguminosen und Getreide oft durch höhere Erträge gekennzeichnet (Trenbath, 1974; Jensen, 1996). Es wird angenommen, dass dieser Ertragsvorteil unter anderem durch eine komplementäre räumliche- und zeitliche Nutzung von Ressourcen zustande kommt. Erklärungen für den höheren Ertrag könnte auch im Wurzelbereich zu finden sein. Differenzierte Wurzelsysteme, Wurzelpartitionierung und ein erhöhter Wurzelmasseertrag im Gemenge können potentiell zu einem oberirdischen Mehrertrag führen. Um diese unterirdischen Prozesse zu untersuchen, ist es notwendig Wurzeln beider Gemengepartner zu unterscheiden. Die Fourier-Transformations-Infrarot-Spektroskopie (FTIR) mit abgeschwächter Totalreflektion (ATR) nutzt die chemische Zusammensetzung der Wurzeln um Artdifferenzierungen vorzunehmen. Ziel dieses Versuchs ist die quantitative Erfassung der vertikalen Wurzelverteilung von Winterackerbohnen und Winterweizen in Reinsaat und Gemenge.

Material und Methoden

In einem vierfach wiederholten Feldversuch in der Nähe Göttingens (2015) wurden acht Linien der Winterackerbohne (*Vicia faba* L.) und drei Sorten Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) in Reinsaat und Gemenge angebaut. Es handelte sich um ein substitutives Gemenge in alternierenden Reihen (22,5 cm Abstand). Die Anbauformen waren: Reinsaat Ackerbohne (40 K/m²), Reinsaat Weizen (320 K/m²) und Gemenge Ackerbohne 50 % (20 K/m²) + Weizen 50 % (160 K/m²). Die oberirdische Biomasse von 1 m² wurde mithilfe einer Miniploternte ermittelt (Ende Mai 2015, Ackerbohne BBCH 65). Zur Untersuchung der vertikalen Wurzelverteilung wurde anschließend mithilfe einer Rammkernsonde (d = 8,9 cm) Bodenproben bis 60 cm Tiefe genommen. In jeder Parzelle wurde jeweils auf und zwischen den Reihen beprobt. Alle Wurzeln der 10 cm Horizonte wurden extrahiert, getrocknet und vermahlen. Um ein kalibriertes und validiertes FTIR-ATR Modell zu generieren, welches die Artanteile von Gemengeproben voraussagt, wurden je eine Eichreihe mit Wurzeln der Ackerbohnen- und Weizenreinsaaten erstellt. Messungen der FTIR-ATR Spektren innerhalb der Gemenge wurden mit einer Auflösung von 4 cm⁻¹ (32 Scans) und bei einer Wellenzahl von 4500 bis 450 cm⁻¹ durchgeführt. Alle Spektren wurden vektornormiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Absorptionsspektren der getrockneten und vermahlenden Wurzelproben wiesen artspezifische Muster auf (Abb. 1). In der Clusteranalyse von Winterackerbohnen- und Winterweizenwurzeln trennten sich beide Arten vollständig und eindeutig. Weizenreinsaaten (0,4 g Profilsomme) wiesen in ihren Profilsommen im Vergleich zu den Ackerbohnenreinsaaten (1,06 g Profilsomme) geringere Wurzelbiomassen auf. Es gab signifikant niedrigere Wurzelbiomassen zwischen den Reihen als auf den

Reihen (-61 %). Im Gemenge zeigte sich eine stärkere Ausbreitung der Ackerbohnenwurzeln in die Weizenreihe (33 %) als vom Weizen in die Ackerbohnenreihe (6%).

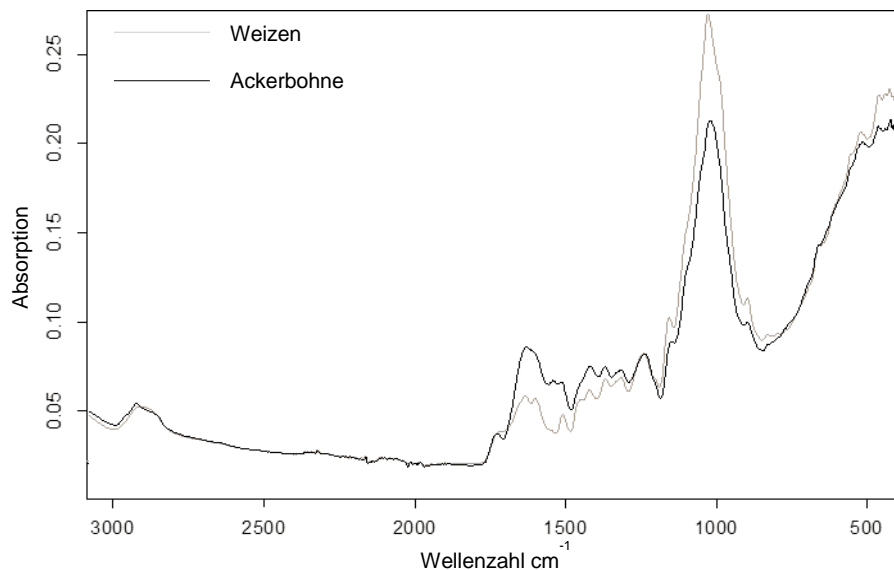


Abb. 1: FTIR-ATR Spektren von getrockneten und vermahlten Ackerbohnen- und Weizenwurzeln (n=10 pro Art).

Die vertikale Wurzelverteilung der Gemenge lässt darauf schließen, dass Ackerbohnen und Weizen unterirdisch verschiedene Horizonte nutzen: Während der Anteil von Ackerbohnen in 40-60 cm Tiefe zurückging, stieg der Anteil von Weizen (Abb. 2). Erste Ergebnisse zeigen, dass es in Gemengen zu einer

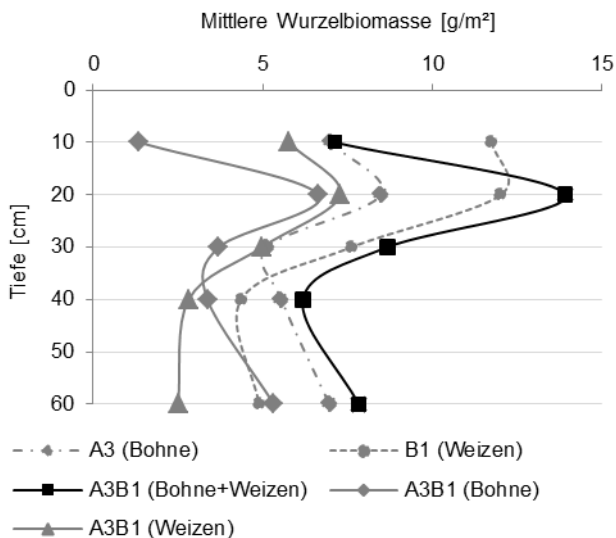


Abb. 2: Vertikale Wurzelverteilung von Reinsaat Ackerbohne (A3), Gemenge (A3B1) und Reinsaat Weizen (B1) zwischen den Reihen.

Wurzelpartitionierung kommt. Es liegt eine Tendenz zu höheren Wurzelmasse-erträgen in den Gemengen im Vergleich zu den Reinsaaten vor. Der durchschnittliche Relativ Yield Total (RYT) der Wurzelsumme von 0-60 cm von 1,46 deutet auf einen relativen Mehrertrag im Gemenge und eine komplementäre Nutzung der Wachstumsfaktoren hin (Tab.1).

Tab. 1: Mittlere Wurzelmasseerträge [g/m²] und RYT von den Reinsaaten Ackerbohne (A3) und Weizen (B1) sowie dem Gemenge (A3B1) in 0-60 cm.

Horizont	A3 Bohne	A3B1 Bohne	A3B1 Weizen	B1 Weizen	RYT
0-60	130,46	125,73	123,58	282,56	1.46

Literatur

Jensen, E. S. (1996). Grain yield, symbiotic N₂ fixation and interspecific competition for inorganic N in pea-barley intercrops. *Plant and Soil*, 182, 25-38.

Trenbath, B.R. (1974). Biomass productivity of mixtures. *Advances in Agronomy* 26, 177-210.

Ertragsbewertung von Futterleguminosen auf Basis der verdaulichen Aminosäuren

Hendrik Sommer

ESCON Business KG, Frankenberg (Eder). E-Mail: hendrik.sommer@escon.biz

Einleitung

Der Anbau von Eiweißfutterpflanzen in Form feinsamiger Leguminosen in Reinsaat oder im Gemenge hat nicht nur für die ökologische Milcherzeugung eine hohe Bedeutung (LOGES und TAUBE 1999). Darüber hinaus ist z.B. Luzerne eine wertvolle Futterpflanze für Rinder haltende Betriebe in nahezu allen gemäßigten Klimazonen (JUNG et al. 1997). Außerdem stellen diese Eiweißfutterpflanzen für viele Betriebe die wichtigste innerbetriebliche Futtereiweißquelle dar. Bisher ist bei der Betrachtung der Ertragsleistung einer Art bzw. einer Sorte innerhalb einer Art der Ertrag auf Basis der Trockenmasse einerseits sowie Qualität zumeist in Form des Rohproteingehaltes andererseits differenziert bewertet worden.

Im Rahmen der Untersuchungen zum Futterwert feinsamiger Leguminosen hinsichtlich der Schweine- und Geflügelfütterung (Projekt 11OE055) konnte beobachtet werden, dass nicht nur der Ertrag und der Rohproteingehalt, sondern auch innerhalb des Rohproteins der Gehalt essentieller Aminosäuren und deren Verdaulichkeiten starken Schwankungen unterliegt. Eben diese Ertragsschwankungen erweisen sich jedoch als problematisch. Sie führen in Verbindung mit variierenden Gehalten wertgebender Inhaltsstoffe, z.B. essentiellen Aminosäuren zu unterschiedlich hohen Flächenerträgen an Erntemengen mit hohem Futterwert.

Material und Methoden

Um zu einer Bewertung der Leistungsfähigkeit einer bestimmten Art bzw. einer bestimmten Sorte innerhalb der Art hinsichtlich des Ertrags verdaulicher Aminosäuren zu gelangen, wurden die Trockenmasseertragsdaten mit den Aminosäureverdaulichkeiten der entsprechenden Proben verrechnet. Die Inhaltsstoffanalytik erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) auf Basis einer im Rahmen des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“ erstellten Kalibration für Futterleguminosen. Die Verdaulichkeiten der Blattmasse werden mit dem In-vitro-Verfahren nach BOISEN und FERNÁNDEZ (1997), modifiziert nach SAPPOK et al. (2009) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsschwankungen des zu erwartenden Schnittgut-Trockenmasseertrages der Reinsaat von **Luzerne** (*Medicago sativa*), **Rotklee** (*Trif. pratense*), **Weißklee** (*Trif. repens*), **Inkarnatklee** (*Trif. incarnatum*) und **Persischem Klee** (*Trif. resupinatum*) resultieren aus dem Einfluss der Sorte, des Schnittzeitpunktes sowie des Nutzungsjahres und sind überdies abhängig von Standort und Witterung. JUNG (2003) gibt Schnittguterträge für Luzernereinsaat über alle Schnitte zwischen 119 und 181 dt ha⁻¹ an. HEYLAND (1996) berichtet von Spannweiten zwischen 80-120 dt ha⁻¹. In den vorliegenden Untersuchungen konnten vergleichbare Schwankungen gefunden werden. Zusätzlich zu den Ertragsschwankungen haben sich auch

Schwankungen beim Gehalt essentieller Aminosäuren sowie deren Verdaulichkeiten gezeigt. Der Futterwert feinsamiger Leguminosen spielt demnach bei der Ertragsbewertung auf der Ebene wert gebender Futterinhaltsstoffe eine bedeutende Rolle.

Niedrige Gehalte an essentiellen Aminosäuren in Verbindung mit einer herabgesetzten Verdaulichkeit führen trotz guter Trockenmasseerträge zu einer geringeren Ertragsleistung verdaulicher Aminosäuren (vgl. Tabelle 1).

Tab. 1: Übersicht über den TM-Ertrag, den Lysin-Ertrag, die Lysinverdaulichkeit sowie den Ertrag an verdaulichem Lysin bei Inkarnatklee, Luzerne, Perserklee, Rotklee und Weißklee

		Inkarnatklee	Luzerne	Perserklee	Rotklee	Weißklee
n		70	112	82	70	90
TM-Ertrag	Ø TM ha ⁻¹	106	90	70	47	57
Lysin-Ertrag	Ø TM ha ⁻¹	6,8	11,1	7,9	10,6	11,6
Lysinverdaulichkeit	Ø %	69	73	67	75	70
Verdauliches Lysin	Ø TM ha ⁻¹	4,7	8,2	5,3	7,9	8,1

Es lässt sich schlussfolgern, dass bei der Bewertung der Leistungsfähigkeit von feinsamigen Leguminosen nicht nur der Trockenmasseertrag und der Eiweißgehalt, sondern insbesondere auch der Gehalt essentieller Aminosäuren sowie deren Verdaulichkeiten Berücksichtigung finden sollte.

Danksagung

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

Literatur

- BOISEN, S. and J.A. FERNÁNDEZ (1997): Prediction of the total tract digestibility of energy in feedstuffs and pig diets by in vitro analyses. *Anim. Feed Sci. Technol.* 68:277-286.
- JUNG, H.G., C.C. SHEAFFER, D.K. BARNES AND J.L. HALGERSON (1997): Forage quality variation in the U.S. alfalfa core collection. *Crop Sci.* 37:1361–1366.
- JUNG, R. (2003): Stickstofffixierungsleistung von Luzerne, Rotklee und persischem Klee in Reinsaat und in Gemenge mit Poaceen. Experimentelle Grundlagen und Kalkulationsverfahren zur Ermittlung der Stickstoff-Flächenbilanz. Dissertation, Univ. Göttingen.
- LOGES, R. UND F. TAUBE (1999 [b]): Ertrag und Futterqualität von Rotklee und Luzerne als Reinsaat sowie im Gemenge mit Gräsern. In: HOFMANN, HEIDE und S. MÜLLER (Hrsg.): Beiträge zur 5. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau „Vom Rand zur Mitte“, Verlag Dr. Köster, Berlin, S. 101-104.
- SAPPOK, M., W. PELIKAAN, M. VERSTEGEN and A. SUNDRUM (2009): Assessing fibre-rich feedstuffs in pig nutrition – comparison of methods and their implications. *J. of the Science of Food and Agriculture* 89:2541-2550.

Einfluss einer Sortenmischung auf Ertrag, Backqualität und Krankheiten bei Winterweizen im ökologischen Landbau

Peer Urbatzka und Anna Rehm

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. E-Mail: peer.urbatzka@fl.bayern.de

Einleitung

Im ökologischen Landbau ist das Erzielen einer guten Backqualität bei einem ausreichenden Ertrag beim Anbau von Winterweizen auf vielen Standorten schwierig. Bei der Sortenwahl fallen qualitätsbetonte E-Weizen üblicherweise im Ertrag ab, während ertragsbetonte E-Weizen zumeist nur bei einer für den ökologischen Landbau guten N-Versorgung die von der aufnehmenden Hand geforderte Backqualität erreichen (z. B. Urbatzka et al. 2016). Sortenmischungen weisen eine höhere Ertragsstabilität (z. B. Finckh et al. 2003, Flamm 2009) und eine geringere Krankheitsanfälligkeit auf (Finckh et al. 2000). Der Feuchtklebergehalt wurde teils durch eine Sortenmischung positiv beeinflusst, während der Ertrag den Erwartungen entsprach (Finckh et al. 2003, Flamm 2009).

Material und Methoden

In einer Feldversuchsserie wurde eine Sortenmischung aus den E-Weizen Achat, Bussard und Tamaro zu gleichen Teilen und diese Sorten je in Reinsaat angebaut. Achat ist eine ertrags- und Tamaro eine qualitätsbetonte Sorte (vgl. z. B. Urbatzka et al. 2016). Bussard liegt zwischen den anderen beiden Sorten. Die Versuche wurden in 2004 bis 2008 auf insgesamt sechs Orten in Bayern angelegt (Tab. 1). Die Gesamtzahl der wertbaren Umwelten beträgt 22.

Tab. 1: Kenndaten der Standorte

	Deuten- kofen	Hohen- kammer	Obbach	Vieh- hausen	Wilpers- berg	Wochen- weis
Landkreis	Landshut	Freising	Schweinfurt	Freising	Aichach- Friedberg	Dingolfing
Bodenart	sL	sL	tL, sL	sL	uL	uL bzw. L
Bodentyp	Braunerde	Braunerde	Braunerde (- Pseudogley)	Braunerde	Braunerde	Para- braunerde
Ackerzahl	60	46,55	36, 50, 70	60	60	64, 70
lj. ø Nieder- schlagsmenge (ml)	730	816	580	816	800	770
lj. Temperatur- mittel (°C)	7,8	7,8	9,0	7,8	8,0	8,0
Ernten	2004-2006	2005-2008	2004-2008	2007-2008	2005-2008	2004-2007

lj. = langjährig

Vorfrucht war in der Regel Klee gras, viermal auch andere Leguminosen. Krankheiten wurden nach Bundessortenamt (2000) bonitiert. Der Rohprotein- und der Feuchtklebergehalt wurden nach den ICC-Standardverfahren (ICC 1976) sowie das Backvolumen nach Doose (1982) als Mischprobe aus den vier Wiederholungen analysiert. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3. Hierbei wurde das rechnerische Sortenmittel der drei Reinsaat en als Vergleich einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Sortenmischung erreichte im Ertrag, in der Backqualität und bei den Krankheiten immer dasselbe Niveau wie das errechnete Mittel der drei Sorten in Reinsaat (Tab. 2). Signifikante Unterschiede lagen im Gegensatz zu den Reinsaaten nicht vor. Auch Flamm (2009) fand bei Braunrost und Septoria keine Vorteile einer Sortenmischung gegenüber ihren Reinsaaten. Dies steht bzgl. Rost in Widerspruch zu anderen Untersuchungen (z. B. Finckh et al. 2000). Beim Ertrag und der Backqualität stimmen die Ergebnisse im ökologischen Landbau mit der aktuellen Literatur mit Ausnahme des Feuchtklebergehaltes (Flamm 2009) überein.

Insgesamt ist Ertrag und Backqualität der geprüften Sortenmischung gut aus den Reinsaaten vorhersagbar. Vorteile gegenüber einem Anbau aller drei Sorten in Reinsaat liegen nicht vor. Im Gegenteil: beim Anbau der drei Sorten in Reinsaat kann der Landwirt flexibler auf die Marktlage reagieren.

Tab. 2: Ertrag, Backqualität und Krankheiten der Sorten in Reinsaat, Sortenmischung und Sortenmittel der Reinsaaten

	Korn- ertrag¹	RP- Ertrag¹	RP- Gehalt²	Feucht- kleber²	Volu- men (ml)	Braun- rost^{3,4}	Septoria tritici^{3,5}	Septoria nodorum^{3,6}
Achat	59,8 A	5,81 A	11,3 c	24,4 c	624 d	5,8 NS	4,4 A	3,0 A
Bussard	54,2 B	5,34 C	11,4 c	25,3 c	680 c	5,9	5,6 B	4,7 B
Tamaro	48,2 C	5,57 B	13,4 a	30,7 a	772 a	4,5	6,8 C	5,4 B
Mischung	54,3 B	5,64 B	12,0 b	27,1 b	693 bc	5,5	5,6 B	4,3 B
Sortenmittel	54,1 B	5,57 B	12,2 b	26,8 b	706 b	5,4	5,6 B	4,4 B

Mittel aller Umwelten; ¹ dt/ha, ² in %, ³ Boniturnoten von 1 bis 9, wobei 1 geringe Ausprägung, ⁴ N = 5, ⁵ N = 10, ⁶ N = 3; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, p < 0,05; bei Krankheiten mit wurzeltransformierten Prozentwerten)

Literatur

Bundessortenamt (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen. Landbuch Verlag, Hannover.

Doose O. (1982): Verfahrenstechnik Bäckerei. Gildebuchverlag, Alfeld, 6. Auflage.

Finckh MR, Gacek ES, Goyeau H, Lannou C, Merz U, Mundt CC, Munk L, Nadziak J, Newton AC, de Vallavieille-Pope C, Wolfe MS (2000): Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* 20:813-837.

Finckh MR, Butz A, Lützkendorf K, Greiner L, Schulze-Schilddorf G (2003): Ertragsstabilität und Qualität von Weizensortenmischungen im Ökologischen Anbau. Beiträge zur 7. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 71-74.

Flamm C (2009): Wirkung eines Mischanbaues von Weizensorten auf Anbaueigenschaften, Krankheiten, Ertrag und Qualität unter den Bedingungen des Biolandbaues. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 189-192.

Urbatzka P, Rehm A, Schmidt M (2016): Versuchsergebnisse aus Bayern, Jahr 2015 Ökologischer Landbau, Sortenversuche zu Winterweizen Teil 2: Qualität: URL: <http://www.hortigate.de/Apps/WebObjects/ISIP.woa/vb/bericht?nr=69483>.

Determination of glucosinolates content of open pollinating organic broccoli genotypes (*Brassica oleracea* convar. *Botrytis* var. *Italica*) and their sensory analysis

Samira Sahamishirazi¹, Nicole Frank¹, Sabine Zikeli², Michael Fleck³,
Wilhelm Claupein¹ and Simone Graeff-Hönninger¹

¹ Institute of Crop Science, University of Hohenheim, Fruwirthstr. 23, 70599, Stuttgart,
Email: samira.sahami@gmail.com

² Institute of Crop Science, Co-ordination for Organic Farming and Consumer Protection, University of Hohenheim, Fruwirthstr. 14, 70599 Stuttgart

³ Kultursaat e.V., Kronstraße 24, 61209 Echzell

Introduction

The development of open pollinating (OP) genotypes of broccoli is essential for organic farmers as it gives farmers the possibility to harvest their own seeds for reproduction. Beside this advantage, the possible health benefits of broccoli give importance to the characterization of new OP broccoli genotypes according to their bioactive compounds and taste qualities. This project aimed at testing and selecting new breeding lines from traditional OP genotypes of broccoli (no hybrids or CMS-hybrids) suitable for organic farming. Selection criteria were the sensory attributes of the plant material and high levels of bioactive health benefitting compounds (glucosinolates).

Materials and Methods

Four broccoli genotypes (OP: CHE-MIC-31, CHE-GRE-A, CAN-SPB-7; hybrid: BATAVIA F1) were assessed in a field experiment (randomized complete block design with 3 replicates) at the organic division of the Research Station for Agriculture of the University of Hohenheim (Kleinhohenheim), Stuttgart, Germany. The field trial took place from July to November 2015. Subsamples were taken from three heads of each replication at three different harvest dates in order to measure their content of glucosinolates. The samples were freeze dried, ground and finally analyzed by NIRS. To assess the taste, two sensory tests were done. A descriptive sensory test with eight trained persons was performed to assess the genotypes objectively. The panelists characterized and assessed eight product attributes (bitterness, sweetness, cabbage-like taste, pungent taste, color, granularity, firmness, appearance) on a 10-point-intensity scale (0 – not recognizable; 10 – very strongly recognizable) in two separate evaluation sessions. In addition, an untrained consumer panel of 27 persons evaluated the samples subjectively in a hedonic sensory test. Beside the evaluation of “the degree of liking of the overall taste”, they assessed the eight product attributes that were determined by the trained panel using 10-cm-line scales. The panelists could set their mark at any point on the continuous scale. The terms were ‘dislike extremely’ on the right side, ‘neither like nor dislike’ in the middle (at 5 cm on the line scale) and ‘like extremely’ on the left side, respectively. The statistical analysis was done with SAS 9.3 (SAS institute, Cary, USA). The data were evaluated with one-way analysis of variance (ANOVA). The effects of replication (block), genotype, harvest time and their interaction were included as random effects. The significance level was $\alpha = 0.05$.

Results and Discussion

The measurement of the individual glucosinolates (GSLs) showed that glucoraphanin (GRP), had the highest share of the total content of glucosinolates (tGSLs) followed by glucobrassicin (GBS), neoglucobrassicin (NGB), 4-methoxyglucobrassicin (MGBS), sinigrin (SIN) and glucoiberin (GIB). GRP and GBS are the major GSLs which are supposed to have the highest potential of health-benefitting effects (Liu et al., 2012). Previous studies also showed that GRP represents the largest share of GSLs of broccoli (Schonhof et al., 2004). The average contents of tGSLs varied only slightly for the four GSLs, from 3.77 (BATAVIA F1) to 3.98 $\mu\text{mol g}^{-1}$ DW (CAN-SPB-7). However, the individual GSL profiles of the samples showed some differences (Table 1).

Table 1. The average content of individual and total glucosinolates [$\mu\text{mol g}^{-1}$ dry weight (DW)] of four different genotypes (GRP: glucoraphanin, GBS: glucobrassicin; NGB: neoglucobrassicin; MGBS: 4-methoxyglucobrassicin; SIN: sinigrin; GIB: glucoiberin; tGSLs: total glucosinolates).

Genotypes	Mean values of glucosinolates [$\mu\text{mol g}^{-1}$ DW]						tGSLs
	GRP	GBS	NGB	MGBS	SIN	GIB	
CHE-MIC-31	1.34	0.81	0.72	0.46	0.37	0.13	3.83
CAN-SPB-7	1.41	0.71	0.66	0.46	0.37	0.15	3.77
CHE-GRE-A	1.46	0.76	0.67	0.46	0.37	0.16	3.87
BATAVIA F1	1.59	0.73	0.66	0.45	0.37	0.18	3.98

Results of the descriptive sensory test showed that BATAVIA F1 had a high granularity of the buds, a homogenous appearance and the highest firmness of the head. Genotypes CHE-GRE-A and CAN-SPB-7 were considered less intensive regarding pungent taste and cabbage-like taste. CHE-MIC-31 was characterized as the bitterest genotype with the strongest green color. Studies showed that the GBS, NGB and SIN might have impact on the bitter taste of Brassica vegetables whereas GRP, MGBS and GIB are not correlated to bitterness (Schonhof et al., 2004). Considering the result of the glucosinolate determination and sensory tests, CHE-MIC-31 had the highest content of GBS with the lowest content of GRP and was significantly bitterer than BATAVIA F1. Regarding outcomes of the hedonic sensory test, CHE-MIC-31 gained the best evaluations of all four genotypes, followed by BATAVIA F1, CHE-GRE-A and CAN-SPB-7. Unlike the descriptive test results, "bitterness" of CHE-MIC-31 was not significantly different from the other genotypes in the hedonic test. Therefore, it can be estimated that the bitter taste of this genotype is not critical for the positive evaluation of the overall taste and the purchase decision of consumers. In general, each of the four genotypes was evaluated as "good" with respect to their sensory properties and appearance. Yet, the consumers preferred CHE-MIC-31, BATAVIA F1 and CHE-GRE-A when asked for a final purchase decision.

Conclusion

All of the sampled plants contained a considerable amount of GSLs with the highest proportions of GRP and GBS as potential health-benefitting glucosinolates. The increasing demand for health benefits combined with good taste and consumer acceptance could be fulfilled with CHE-MIC-31. This genotype seemed to be the most suitable OP genotype in the present study with a high potential for marketability.

Literatures

- Liu, Z., Hirani, A.H., McVetty, P.B.E., Daayf, F., Quiros, C.F., Li, G., (2012), Reducing progoitrin and enriching glucoraphanin in Brassica napus seeds through silencing of the GSL-ALK gene family. *Plant Molecular Biology*, 79, 179–189.
- Schonhof, I., Krumbain, A., Bruckner, B., (2004), Genotypic effects on glucosinolates and sensory properties of broccoli and cauliflower. *Die Nahrung*, 48, 25–33.

Einfluss von Bodenbearbeitung und Trockenstress auf die ober- und unterirdische Biomasse von Ackerbohnen und Hafer in Reinsaat und Gemenge

Catharina Meinen, Maximilian Roth, Magdalene Trapp und Rolf Rauber

Georg-August-Universität, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Göttingen. E-Mail: catharina.meinen@agr.uni-goettingen.de

Einleitung

Gemenge zeigen gegenüber Reinsaaten häufig höhere Erträge, effektivere Ressourcennutzung und verringerte Nährstoffauswaschungen aus dem Boden. Bei reduzierter Bodenbearbeitung (Festbodenmulchwirtschaft, FBW) wird auf eine wendende und tiefe Bodenbearbeitung (Lockerbodenwirtschaft, LBW) verzichtet. Der Boden der FBW profitiert u.a. durch höhere Wassergehalte. Dies ist ein Vorteil bei Fröhsommertrockenheit, die durch den Klimawandel zunehmen könnte. Im folgenden Experiment haben wir den Einfluss von Bodenbearbeitung und Trockenstress auf die ober- und unterirdische Biomasse von Ackerbohnen und Hafer in Reinsaaten und Gemenge untersucht.

Material und Methoden

Das Versuchsfeld Garte-Süd in Göttingen dient seit 1970 als Dauerversuch für differenzierte Bodenbearbeitung (FBW und LBW). Auf diesem Feld wurde 2014 eine Spalt-Spalt-Anlage mit Reinsaaten und Gemengen von Ackerbohnen (Sorte: Fuego) und Hafer (Sorte: Contender) angebaut sowie Trockenstress durch Foliendächer im Fröhsommer (Anfang Mai-Ende Juli) erzeugt. Das Gemenge setzte sich aus 50 % Ackerbohnen und 50 % Hafer zusammen. Anfang Juni 2014, bei BBCH 69 (Ackerbohnen)/BBCH 61 (Hafer), wurden oberirdische Biomasse, Wurzelmasse und Bodenwassergehalte bis 90 cm Tiefe beprobt. Mit Hilfe der Fourier-Transform-Infrarot (FTIR) Spektroskopie wurde ein Modell erstellt um die Artanteile in den Gemengeproben der Wurzeln zu bestimmen (Meinen & Rauber 2015).

Ergebnisse und Diskussion

Trockenstress reduzierte die oberirdische Biomasse, gemittelt über alle Arten, von 63,4 dt/ha auf 54,1 dt/ha. Die Variante FBW reduzierte die oberirdische Biomasse ebenfalls um 9,0 dt/ha im Vergleich zur LBW. Die Arten reagierten unterschiedlich auf den Trockenstress und die Bodenbearbeitung. Die Ackerbohnen in Reinsaat und im Gemenge reduzierten die Biomassen stärker bei Trockenstress wohingegen der Hafer in Reinsaat und im Gemenge die geringsten Biomassen bei FBW zeigte. Das Gemenge wies immer einen relativen Mehrertrag über 1 ($RYT=1,13-1,20$) auf.

Die mittleren gravimetrischen Bodenwassergehalte waren unter Trockenstress (12,5 %) signifikant geringer als ohne Trockenstress (14,9 %). Bei FBW (13,9 %) waren die Bodenwassergehalte signifikant höher als bei LBW (13,2 %). Auch die Varianten zeigten signifikante Unterschiede, wobei die Ackerbohnenreinsaat mit 14,5 % signifikant höhere Bodenwassergehalte aufwies als die Haferreinsaat (13,3 %).

Das kreuzvalidierte FTIR-Modell zeigte in der externen Validierung mit 5,65 einen geringen mittleren Vorhersagefehler (RMSEP) und eine gute Vorhersageleistung, $RPD=6,11$ (Tab.1). Dieses Modell wurde zur Bestimmung der Artanteile in den Gemenge-Wurzelproben verwendet.

Tab. 1: Kalibrations-, Validations- und externe Validations-Parameter des FTIR-ATR-Modells für Ackerbohnen (AB) und Hafer. Die Modellqualität ist durch das Bestimmtheitsmaß (R^2), die Wurzel des mittleren Fehlerquadrats der Kreuzvalidierung (RMSECV), das Verhältnis von Standardabweichung zu Standardfehler (RPD), Korrelationskoeffizient (r) sowie den mittleren Vorhersagefehler (RMSEP) gekennzeichnet. Die Spektren ($n=60$) wurden mit der ersten Ableitung und einer multiplikativen Streukorrektur vorbehandelt und die Wellenzahl-Bereiche 3635-3271, 1823-1460, und 1099-735 für das Modell berücksichtigt.

Modell	Kalibration/Validation				externe Validation				
	n	R^2	RMSECV	Bias	RPD	r	RMSEP	RPD	Bias
AB-Hafer	60	97,82	4,42	$\pm 0,069$	6,77	0,98	5,65	6,11	$\pm 2,97$

Die mittlere Wurzelrockenmasse unterschied sich signifikant zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten, wurde aber nicht durch den Trockenstress beeinflusst. Hafer und das Gemenge zeigten signifikant höhere Wurzelrockenmassen als die Ackerbohnen. Auch bei der Wurzelrockenmasse reagierte der Hafer stärker auf die Bodenbearbeitung und die Ackerbohnen stärker auf den Trockenstress. Der Hafer in Reinsaat bildete bei LBW die höchsten Wurzelrockenmassen. Die Ackerbohnen verringerten die Wurzelrockenmasse bei Trockenstress im Gemenge (Abb.1). Auch in den Wurzeln zeigten die Gemenge einen RYT über 1 (1,3-1,8).

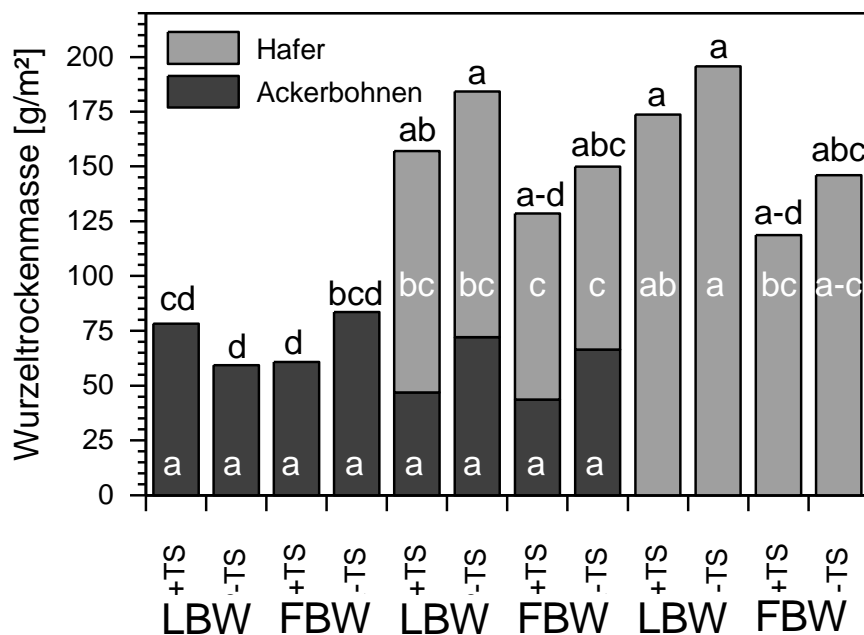


Abb.1: Gemittelte Wurzelrockenmasse in [g/m²] in Reinsaaten und Gemengen von Ackerbohnen und Hafer bei Lockerbodenmulchwirtschaft (LBW) und Festbodenmulchwirtschaft (FBW) sowie mit und ohne Trockenstress (+TS,-TS). Werte mit gleichen Buchstaben sind nicht signifikant unterschiedlich. Schwarze Buchstaben vergleichen die Gesamterträge. Weiße Buchstaben vergleichen die Ackerbohnenreinsaaten mit den Ackerbohnenanteilen in den Gemengen bzw. die Haferreinsaaten mit den Haferanteilen in den Gemengen. Tukey Test, $p < 0,05$.

ten mit den Ackerbohnenanteilen in den Gemengen bzw. die Haferreinsaaten mit den Haferanteilen in den Gemengen. Tukey Test, $p < 0,05$.

Literatur

Meinen, C., Rauber, R., 2015: Root discrimination of closely related crop and weed species using FT MIR-ATR spectroscopy. *Frontiers in Plant Science* 6, Article Number 765.

<http://dx.doi.org/10.3389/fpls.2015.00765>.

Zusammenhang zwischen der Rhizoctonia-Befallsstärke zweier Zuckerrübensortentypen und bodenphysikalischen Parametern

Sascha Schulze und Heinz-Josef Koch

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

Einleitung

Das bodenbürtige Pathogen *Rhizoctonia solani* (*R. solani* AG2-2IIIB) ist der Erreger der Späte Rübenfäule an Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.). Es wird angenommen, dass physikalische Bodeneigenschaften die Rhizoctonia-Befallsstärke von Zuckerrüben maßgeblich beeinflussen, wobei bislang keine eindeutigen und quantitativen Zusammenhänge zwischen Bodenstruktur und Befallsstärke gezeigt werden konnten.

Neben der Identifizierung bodenphysikalischer Parameter mit einem möglichen Einfluss auf Ertrag und Befallsstärke wurden folgende Hypothesen verfolgt:

- (i) Eine ungünstige Bodenstruktur reduziert das Zuckerrübenwachstum und führt zu Ertragsverlusten.
- (ii) Die Wettbewerbsfähigkeit des Pilzes gegenüber der Zuckerrübe wird in Folge des reduzierten Zuckerrübenwachstums erhöht wodurch es zu einem erhöhten Rhizoctonia-Befall kommt.

Material und Methoden

In den Jahren 2013/14 und 2014/15 wurden in insgesamt vier Umwelten [Göttingen (Niedersachsen): Gö14, Gö15; Haardorf (Niederbayern): Ha14, Ha15] mehrfaktorielle Feldexperimente [Spaltanlage mit 4 Wiederholungen; Faktoren: Vorfrucht/Bodenbearbeitung (kombiniert, Haupteinheit), Zuckerrübengenotyp (Untereinheit)] angelegt.

Die Versuchsflächen wurden vor der Vorfrucht Mais mit einem Gersteninokulum inokuliert, um das Inokulumpotential im Boden zu erhöhen und zu homogenisieren. Zur Differenzierung der Bodenstruktur wurden die Menge an verbleibendem Maisstroh bei der Ernte (Körnermais, Silomais) und die Bodenbearbeitung (Pflug 25 cm, Grubber 10 cm, Überrollung mit einer schweren Maschine + Grubber 5 cm) variiert. Anschließend wurden eine Rhizoctonia-anfällige und eine resistente Zuckerrübensorte angebaut.

Der Eindringwiderstand des Bodens wurde im Frühjahr nach der Aussaat gemessen. Außerdem wurden mit Hilfe von ungestörten Bodenproben (Stechzylinder) aus dem Oberboden (7-12 cm) physikalische Bodeneigenschaften bestimmt.

Der Rhizoctonia-Befall wurde durch visuelle Bonituren am Zuckerrübenkörper erfasst. Zusammenhänge zwischen Kenngrößen der Bodenstruktur, der Rhizoctonia-Befallsstärke (BS) und dem Bereinigten Zuckerertrag (BZE) wurden korrelations- und regressionsanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Korrelationsanalyse bestätigte den bereits gezeigten signifikant negativen Zusammenhang zwischen BZE und BS (Buddemeyer und Märländer 2005). Als einflussreichster bodenphysikalischer Parameter wurde der Eindringwiderstand (EW) identifiziert, welcher durch die Überrollung gegenüber den gepflügten und gegrubberten Parzellen signifikant erhöht wurde. Zwischen BZE und EW zeigte sich

ein signifikant negativer Zusammenhang. Die BS zeigte in den Umwelten Gö15 und Ha15 einen signifikant positiven Zusammenhang mit dem EW, wohingegen es in den Umwelten Gö14 und Ha14 keinen signifikanten Zusammenhang zwischen BS und EW gab.

Die Regressionsanalyse für den Zusammenhang zwischen BS und BZE (Abb. 1a, b) sowie EW und BZE (Abb. 1c, d) zeigte, dass die Steigungen der Regressionsgeraden der beiden Sorten innerhalb der Umwelten Gö15 und Ha15 nicht signifikant unterschiedlich waren. Es wurde deutlich, dass eine Verschlechterung der Bodenstruktur zu Ertragsverlusten bei beiden Sorten führte, sich aber keine Unterschiede im Ertragsniveau der Sorten zeigte.

Für den Zusammenhang zwischen EW und BS zeigte sich in Ha15 eine signifikant steilere Steigung bei der anfälligen Sorte gegenüber der resistenten; in Gö15 waren

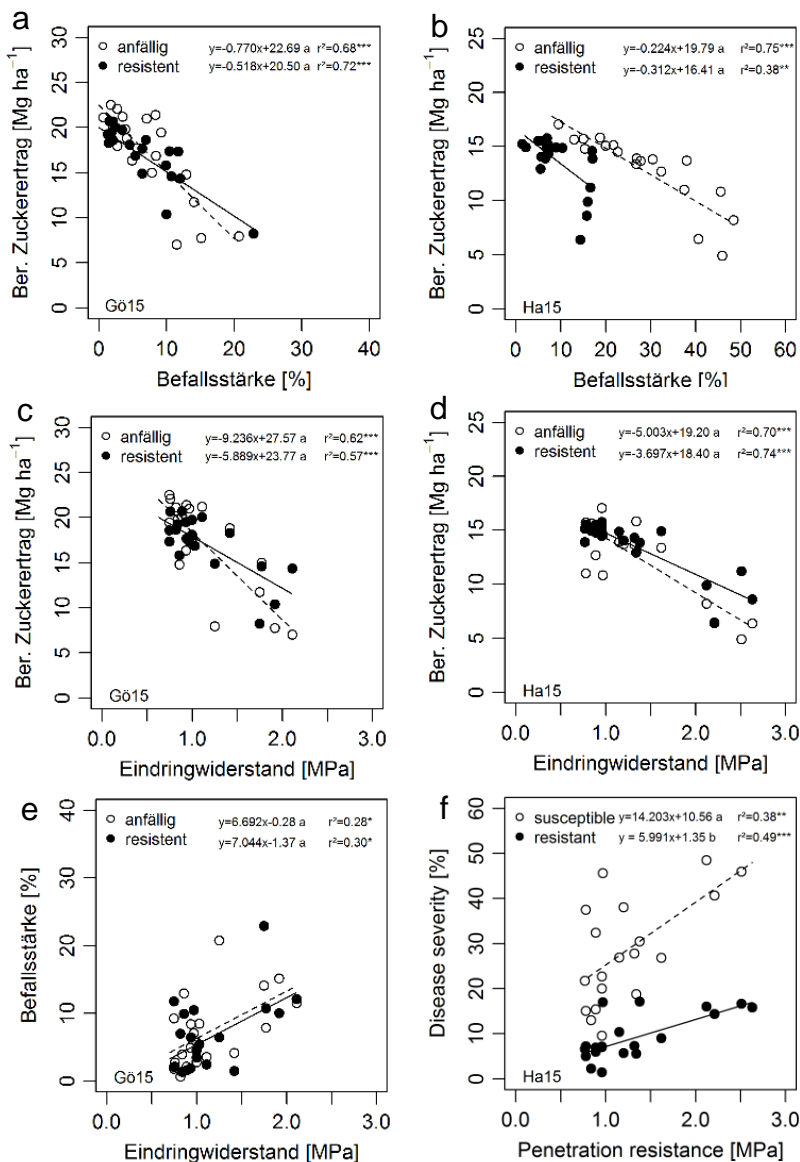


Abb. 1 Beziehung zwischen Befallsstärke und Bereinigtem Zuckerertrag (a, b), Eindringwiderstand und Bereinigtem Zuckerertrag (c, d) sowie Eindringwiderstand und Befallsstärke der anfälligen und der resistenten Zuckerrübensorte in Göttingen (Gö15) und Haardorf (Ha15) in 2015. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Steigungen der Regressionsgeraden ($P \leq 0.05$, ANCOVA).

die Steigungen beider Sorten nicht unterschiedlich (Abb. 1e, f). Es ist zu vermuten, dass sich durch die Verschlechterung der Bodenstruktur die Wettbewerbsfähigkeit des Pilzes gegenüber der Zuckerrübe erhöhte, wodurch die BS mit zunehmendem EW anstieg. Bereits Harris et al. (2003) konnten zeigen, dass die Bodenstruktur, in Form einer erhöhten Lagerungsdichte, die Abundanz von *Rhizoctonia* positiv beeinflusst. Außerdem wurde deutlich, dass bei einem höheren Befallsniveau (s. anfällige Sorte in Ha15) die Befallsstärke mit zunehmendem EW stärker anstieg.

Literatur

- Buddenmeyer, J., Märlander, B., 2004. Integrated control of sugarbeet root and crown rot (*Rhizoctonia solani* Kühn) – Influence of cultivar measures crop rotation. Zuckerindustrie 129, 799-809.
- Harris, K., Young, I.M., Gilligan, C.A., Otten, W., Ritz, K., 2003. Effect of bulk density on the spatial organization of the fungus *Rhizoctonia solani* in soil. FEMS Microbio. Ecol. 44, 45-56.

Herbst-Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben in Deutschland

Daniel Laufer und Heinz-Josef Koch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen. Email: Laufer@ifz-goettingen.de

Einleitung

Streifenbearbeitung ist ein nichtwendendes Bodenbearbeitungsverfahren, bei dem nur die späteren Saatreihen streifenweise gelockert werden. Auf Standorten mit <12% Tongehalt im Boden zeigen mehrjährige Praxisversuche zu Zuckerrüben nach einer Streifenbearbeitung im Frühjahr ein vergleichbares Ertragsniveau wie betriebsübliche Bodenbearbeitungsverfahren (Sander, 2012). Auf den für den Zuckerrübenanbau in großen Teilen Deutschlands typischen Löss-geprägten Böden mit >12% Tongehalt führt 20-25 cm tiefe Streifenbearbeitung im Frühjahr durch hohe Wassergehalte und einer geringen Schütffähigkeit des Bodens zu ungünstigen Saatbettbedingungen. Erste Praxisversuche zur Durchführung der Streifenbearbeitung im Spätsommer/Herbst des Vorjahres unter trockeneren Bodenbedingungen zeigten bei Zuckerrüben teilweise ein geringeres Ertragsniveau als bei betriebsüblichen Bodenbearbeitungsverfahren, welches vermutlich durch eine verzögerte Jugendentwicklung bedingt war (Laufer et al., 2016).

Ziel der vorliegenden Studie war es, zu untersuchen, ob eine verminderte N-Versorgung Ursache der Entwicklungs- und Ertragsunterschiede bei Streifenbearbeitung im Spätsommer/Herbst des Vorjahres und getrennter Aussaat im Frühjahr auf Löss-geprägten Böden ist.

Material und Methoden

In den Jahren 2013/14 und 2014/15 wurden auf drei Standorten in der Region Göttingen (Bodenart: schwach-stark toniger Schluff) Exaktversuche angelegt. Die Streifenbearbeitung (ST) wurde bei Vorliegen einer möglichst optimalen Bodenfeuchte Anfang Oktober in die Ernterückstände der Getreidevorfrucht ohne vorherige Stoppelbearbeitung durchgeführt. Im Frühjahr erfolgte aufgrund von Unebenheiten und Oberflächenverschlämzung im bearbeiteten Streifen eine flache Saatbettbereitung. Als Standardverfahren dienten die wendende Bodenbearbeitung mit dem Pflug (P) und die nichtwendend-ganzflächige Bearbeitung mit dem Grubber (G), jeweils mit vorangegangener Stoppelbearbeitung und nachfolgender Saatbettbereitung im Frühjahr. Als weiterer Versuchsfaktor wurde die N-Versorgung in Parzellen ohne N-Düngung (N0) und mit optimaler N-Düngung nach N_{\min} -Sollwert (Nopt) differenziert.

Neben dem Verlauf des Feldaufgangs wurde die Jugendentwicklung der Zuckerrübe über Zeiternten im Juni und August erfasst. Zusätzlich wurde der Blattflächenindex über den Vegetationsverlauf bestimmt. Die N-Versorgung wurde über N_{\min} -Proben (0-90 cm) in März und Mai sowie durch N-Tester-Messungen (dargestellt in SPAD-Einheiten; single-photon avalanche diode) zwischen Juni und September erfasst. Im Oktober wurde der Bereinigte Zuckerertrag ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Nach Streifenbearbeitung war der Feldaufgang im Vergleich zur wendenden und nichtwendend-ganzflächigen Bearbeitung ungleichmäßiger, teilweise bis zu 7 Tage verzögert und tendenziell geringer (nicht gezeigt). Ursache war vermutlich ein

gröberes und unebeneres Saatbett als bei den Standardverfahren Pflug und Grubber, welches zu ungleichmäßiger Ablagetiefe und Bodenbedeckung des Saatguts führte. Der Blattflächenindex war bei optimaler N-Versorgung höher als bei unterlassener N-Düngung (Abb. 1A). Generell erzielten die beiden Standardverfahren sehr ähnliche und zwischen Juni und August geringfügig höhere Werte als das Verfahren Streifenbearbeitung. Dies war vermutlich auf den ungleichmäßigeren und verzögerten Feldaufgang zurückzuführen.

Sowohl im März als auch im Mai war der N_{\min} -Gehalt im Boden bei den beiden Standardverfahren um 20-24% höher als bei Streifenbearbeitung (nicht gezeigt). Dies spiegelte sich bei der N-Tester-Messung im Juni wieder, welche besonders bei Streifenbearbeitung ohne N-Düngung zu deutlich geringeren Werten führte als bei den Standardverfahren (Abb. 1B).

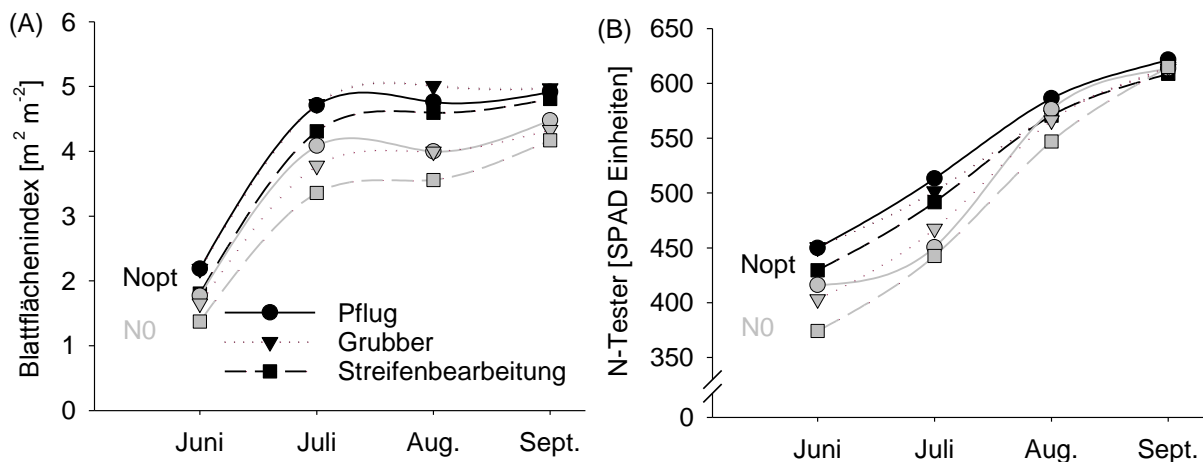


Abb. 1: Effekt von Bodenbearbeitung und N-Düngung auf (A) Blattflächenindex und (B) SPAD-Einheiten von Zuckerrüben im Verlauf der Vegetationsperiode. Mittel von drei Umwelten, $n=12$.

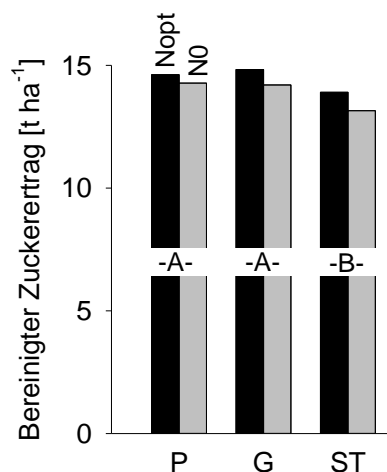


Abb. 2: Effekt von Bodenbearbeitung und N-Düngung auf Bereinigten Zuckerertrag. Mittel von drei Umwelten, $n=12$.

Die Trockenmasseerträge der Gesamtpflanze waren sowohl im Juni als auch im August unter beiden Standardverfahren höher als unter Streifenbearbeitung (nicht gezeigt). Bei ausbleibender N-Düngung waren die Unterschiede ausgeprägter als bei optimaler N-Düngung. Der Bereinigte Zuckerertrag war unabhängig von der N-Versorgungsstufe in beiden Standardverfahren höher als bei Streifenbearbeitung (Abb. 2).

Die Ergebnisse bestätigen eine verzögerte Jugendentwicklung, welche vermutlich durch einen ungleichmäßigeren und verzögerten Feldaufgang sowie durch eine verringerte N-Mineralisation bedingt waren. Die daraus resultierende geringere Blattfläche führte möglicherweise zu einer verminderten Effektivität in der Ausnutzung der Sonneneinstrahlung, welche die Grundlage für einen hohen Ertrag bildet.

Literatur

- Laufer, D., Loibl, B., Schlinker, G., Schmitz, F., Koch, H.-J. (2016): Herbst-Streifenbearbeitung zu Zuckerrüben in Deutschland. Sugar Industry 141, 159-166.
- Sander, G. (2012): Vorteile der Schlitzsaat nutzen. Zuckerrübe 61, 42-46.

Maßnahmenbezogene Ansätze zur Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit in der Pflanzenproduktion

Christoph Völkl, Norman Siebrecht und Kurt-Jürgen Hülsbergen

Technische Universität München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising. E-Mail: *christoph.voelkl@tum.de*

Einleitung

Ein Ansatz, um die Qualitätssicherung von Produkten, den Umweltschutz oder auch die ökologische Nachhaltigkeit in der Pflanzenproduktion zu verbessern, sind so genannte maßnahmenbezogene Ansätze. Aus der Pflanzenproduktion sind diese z.B. durch den Vertragsanbau oder im Rahmen von Qualitätsprogrammen bekannt. In der Regel werden durch die Umsetzung definierter Maßnahmen oder die Einhaltung von Vorgaben (z.B. zur Fruchtfolgegestaltung, der Düngung, dem Pflanzenschutz usw.) verschiedene Zielsetzungen verfolgt.

In einem Forschungsprojekt der TU München wird derzeit die Fragestellung bearbeitet, wie bestehende Ansätze bzw. Maßnahmen in ein System zum Nachhaltigkeitsmanagement in der Pflanzenproduktion integriert werden können. Durch dieses sollen mess- und erreichbare Ziele einer nachhaltigen Entwicklung definiert, Maßnahmen entwickelt und umgesetzt sowie die Resultate evaluiert werden. Das System wird für die Anwendung auf Ebene landwirtschaftlicher Betriebe entwickelt.

Material und Methoden

Durch eine Umfrage bei Getreidemühlen sowie einer umfassenden Recherche zur vertragsgebundenen Pflanzenproduktion (Schwerpunkt Backweizen) wurde ein Überblick über die Bedeutung des Vertragsanbaus, die umgesetzten ackerbaulichen Maßnahmen und die damit verbundenen Zielsetzungen erarbeitet.

Auf Basis der gewonnenen Erkenntnisse erfolgte die Ausarbeitung eines Portfolios von Maßnahmen, die eine Verbesserung der ökologischen Nachhaltigkeit der Pflanzenproduktion bewirken sollen. Im Rahmen der Umfrage wurde ein Fragebogen erstellt und an 53 Mühlen in Deutschland versendet. Der Rücklauf betrug 43% (n=23).

Die Recherche konzentrierte sich dagegen auf Qualitätsprogramme für Backgetreide, da diese im Vergleich zum herkömmlichen Vertragsanbau meist einen hohen Anspruch auf umweltschonende bzw. nachhaltige Anbaumethoden haben. Insgesamt konnten 10 namhafte Qualitätsprogramme in Deutschland bzw. Österreich gefunden und analysiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zeigen, dass Vertragsanbau von Backweizen überwiegend von Mühlen initiiert wird. Mit weit geringerem Anteil folgen Erzeugergemeinschaften, Vereine, größere Backbetriebe und der Lebensmitteleinzelhandel. Die Beweggründe liegen überwiegend bei der Planungssicherheit in Bezug auf Mengen und Qualitäten, der Qualitätssicherung sowie den Anforderungen der Verarbeiter bzw. Verbraucher.

Triebfeder sind also weitgehend ökonomische und qualitätsbezogene Interessen, in weit geringerem Maß der Anspruch einer ökologisch nachhaltigen Produktion. Dementsprechend sind von den Landwirten häufig nur wenige einfache Vorgaben zu

berücksichtigen, die einzeln bzw. in der Summe für eine Verbesserung der Nachhaltigkeit im Getreideanbau nicht ausreichend sind. Teilweise zählen die Vorgaben ohnehin zur guten fachlichen Praxis bzw. zum geltenden Recht und sollten somit selbstverständlich sein. Bei den analysierten Qualitätsprogrammen sind einzelne vielversprechende Ansätze bzw. Maßnahmenkombinationen zu finden, deren Wirksamkeit jedoch nicht geprüft wird. Die Kontrollen beschränken sich auf die ordnungsgemäße Umsetzung. Deshalb sind keine gesicherten Aussagen darüber möglich, inwieweit diese Ansätze zu einem nachhaltigeren Getreideanbau führen. Insgesamt kann aber festgehalten werden, dass sich potentielle Maßnahmen und Vorgaben in fünf Teilbereiche gliedern lassen:

1. Fruchtfolge, Nachbau und Sorten
2. Düngung und Nährstoffe
3. Pflanzenschutz
4. Bodenbearbeitung
5. Kontrolle, Dokumentation und Lagerung

In Bezug auf den Weizenanbau haben folgende Maßnahmen/Vorgaben die größte Bedeutung (Reihenfolge nach Priorität):

Tab. 1: Am häufigsten anzutreffende Maßnahmen/Vorgaben im Vertragsanbau von Backweizen

Nr.	Maßnahme/Vorgabe
1	Kein Einsatz von Klärschlamm
2	Anbau bestimmter/vorgegebener Sorten
3	Berücksichtigung von Bekämpfungs- und Schadschwellen bei Pflanzenschutzmaßnahmen
4	Verzicht auf Sikkation ¹
5	Aussaat mit Z-Saatgut
	Verzicht auf Wachstumsregler/Halmverkürzer
	Wendende Bodenbearbeitung nach Mais vor Weizenanbau

¹ ohnehin nur noch in Ausnahmefällen auf Teilflächen erlaubt

Hinsichtlich der ökologischen Nachhaltigkeit bzw. diesbezüglicher Defizite unterscheiden sich landwirtschaftliche Betriebe häufig stark. Damit Optimierungsmaßnahmen wirksam sind, muss sich deren Auswahl an den betriebsindividuellen Gegebenheiten orientieren. Als Beispiel sei hier die teilflächenspezifische Düngung genannt. Hier sind positive Effekte vor allem auf größeren, inhomogenen Schlägen bzw. stark variierender Pflanzenentwicklung zu erzielen. Bei Betrieben mit kleinen Schlaggrößen übersteigt dagegen der Aufwand häufig den Nutzen. Ein weiteres Beispiel ist der Anbau von Leguminosen. Für Betriebe, die bereits mit hohen N-Salden (z.B. durch hohen Gülleanfall) konfrontiert sind, wäre diese Maßnahme aufgrund der zusätzlichen symbiontischen N-Bindung nicht sinnvoll.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass für eine Optimierung der ökologischen Nachhaltigkeit von landwirtschaftlichen Betrieben Maßnahmenkataloge lediglich Hilfestellung geben können. Voraussetzung für die Auswahl zweckmäßiger und wirksamer Maßnahmen ist die Kenntnis der jeweiligen betriebsindividuellen Situation.

Prüfung des Konservierenden Ackerbaus in einem On-Farm Ansatz in Südwestdeutschland – erste Ergebnisse

Carola Pekrun¹, Stefan Pilz¹ und Thomas Würfel²

¹ Institut für Angewandte Agrarforschung, Hochschule Nürtingen-Geislingen, Nürtingen;

² Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Karlsruhe. E-Mail: carola.pekrun@hfwu.de

Einleitung

Die Wasserrahmenrichtlinie sowie zunehmend extremere Witterungsereignisse erfordern Anbausysteme, die Erosion und Oberflächenabfluss sowie Nitratauswaschung minimieren. Das System des Konservierenden Ackerbaus (siehe European Conservation Agriculture Federation) könnte dazu beitragen, Boden und Bodenfruchtbarkeit zu erhalten durch minimale Bodenbearbeitung, permanente Bodenbedeckung und eine angepasste Fruchtfolge (HOBBS *et al.*, 2012). Der Konservierende Ackerbau zielt somit darauf ab, Bodenruhe und Biodiversität auf dem Acker zu vereinen, wie dies in natürlichen Ökosystemen oder im Grünland der Fall ist.

Bodenlockerung soll in diesem System über Wurzeln und das Bodenleben erfolgen. Artenvielfalt soll das biologische Gleichgewicht steigern. Mit den Jahren soll so ein günstiger Pflanzenwuchsort entstehen. Ungeklärt ist die Frage, ob dieses Anbausystem unter den Anbaubedingungen Südwestdeutschlands realisiert werden kann und welche Leistungen es erbringt. Dies soll mit dem im Folgenden vorzustellenden Projekt geprüft werden.

Material und Methoden

In Baden-Württemberg wird in einem On-Farm Ansatz mit 18 Landwirten (Versuche ohne Wiederholungen) in Kombination mit zwei Exaktversuchen (Versuche mit jeweils drei Wiederholungen) die Wirkung von Zwischenfruchtmischungen (mit Zwischenfrucht versus ohne Zwischenfrucht) und Bodenbearbeitung (Direktsaat versus Mulchsaat) geprüft. Die On-Farm Versuche wurden mit der Zwischenfruchtsaat 2013 begonnen, die Versuche auf den Versuchsbetrieben mit der Zwischenfruchtsaat 2012.

Als Zwischenfrucht werden in den Versuchen jeweils mehrartige Zwischenfruchtmischungen (mindestens 5 Arten) gesät. Diese werden möglichst bald nach der Ernte etabliert und so lange wie möglich ohne Einarbeitung auf dem Feld belassen. Die Fruchtfolge ist jedem Betrieb selbst überlassen, die Wahl der Zwischenfruchtmischungen ebenfalls. Im vorliegenden Beitrag sind die Daten von den Versuchsfeldern zusammengefasst, auf denen 2015 Sommergerste stand. Außerdem werden Ergebnisse von einem der Exaktversuche vorgestellt, wo nach Zwischenfrüchten 2012 im Jahr 2013 Mais 2013 stand und im darauffolgenden Jahr Winterweizen.

Ergebnisse und Diskussion

In den bisherigen Versuchen zeigte sich, dass die Direktsaat zu erheblichen Ertragseinbußen führte, im Mittel um 6% (Tab. 1). Die mittelfristig über die Zwischenfruchtwurzeln und das Bodenleben zu erwartende biologische Lockerung und Erhöhung der biologischen Aktivität konnte offensichtlich noch nicht dazu beitragen, die Nachteile der Direktsaat auszugleichen, trotz teilweise extrem trockener Witterung und hoher Temperaturen im Jahr 2015.

Die oberirdische Biomasse der Zwischenfrüchte war in den Direktsaatparzellen tendenziell erhöht. Ein zu erwartender Einfluss der Zwischenfruchtmischungen auf den Unkrautdeckungsgrad und die Ertragsbildung der Sommergerste war nicht festzustellen. Teilweise wurde auf den Parzellen mit Zwischenfrüchten eine leicht erhöhte Wüchsigkeit der Sommergerste festgestellt, allerdings nicht statistisch signifikant (nicht dargestellt).

In dem Versuch auf dem Hofgut Tachenhausen wurden positive Effekte der Zwischenfruchtmischungen auf den Befall mit bodenbürtigen Krankheiten in der Nachnachfrucht Weizen festgestellt. Auf den Parzellen, auf denen 2012 eine Zwischenfruchtmischung gestanden hatte, wies der Weizen 2014 verminderten Befall mit parasitärem Halmbruch sowie das Korngut verminderte Gehalte an Fusariumtoxinen (Desoxyvalenol und Zearalenon) auf (Tab. 2).

Eine Ursache hierfür könnte die erhöhte biologische Aktivität im Boden infolge der zusätzlichen Biomasse sowie infolge von Wurzelausscheidungen der Zwischenfruchtpflanzen sein. Dass die Mikroorganismen im Boden über den Anbau von Zwischenfruchtmischungen beeinflusst werden können, zeigen auch die Ergebnisse von HALLAMA *et al.* (2016), die den Einfluss von Zwischenfruchtmischungen auf die P-Dynamik betrachten.

Tab. 1: Zwischenfruchtbiomasse im Herbst 2014, Unkrautdeckungsgrad in der Sommergerste im Frühjahr 2015 sowie Kornertrag der Sommergerste 2015 im Mittel über 8 Standorte

	Biomasse der Zwischenfrucht im Herbst 2014 (kg TM ha ⁻¹)	Unkrautdeckungsgrad (%) in BBCH 13-23 der Sommergerste	Kornertrag der Sommergerste (dt ha ⁻¹ , 86 % TS)
Direktsaat ohne ZF	-	4,2 a	42,6 a
Direktsaat mit ZF	2.053 a	4,0 a	43,5 a
Mulchsaat ohne ZF	-	5,8 a	46,1 a
Mulchsaat mit ZF	1.663 a	5,9 a	46,5 a

Tab. 2: Befall mit parasitärem Halmbruch (erhoben an 100 Halmen am 10.07.2014) sowie Fusarium-toxinkonzentrationen im Weizenkorngut 2014. Standort Tachenhausen.

	Befall mit Halmbruch (%)	Deoxynivalenol DON (ppb)	Zearalenon ZEA (ppb)
Direktsaat ohne ZF	9,5 a	1.358 b	88,5 b
Direktsaat mit ZF	7,1 a	771 a	31,2 a
Mulchsaat ohne ZF	8,4 a	1.177 ab	80,0 b
Mulchsaat mit ZF	5,8 a	1.178 ab	63,7 ab

Literatur

European Conservation Agriculture Federation: <http://www.ecaf.org/>

HALLAMA, M., KANDELER, E., PEKRUN, C., 2016: Effects of cover crops and reduced tillage on phosphorus dynamics under soybean. Mitt. Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 28, dieser Band.

HOBBS, P.R., SAYRE, K., GUPTA, R., 2012: The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 363, 543-555.

Ertragswirkung und Klimarelevanz alternativer Nutzungsformen von Futterleguminosen im viehlosen Acker- und Gemüsebau

Christoph Stumm und Ulrich Köpke

Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn, E-Mail: leitbetriebe@uni-bonn.de

Einleitung

Futterleguminosen sind aufgrund ihrer Humusreproduktion und symbiotischen Stickstofffixierleistung die tragenden Elemente der Fruchtfolgegestaltung im Ökologischen Landbau. Bei regelmäßiger Nutzung reduzieren sie die Verunkrautung, fördern das Bodenleben und steigern die Erträge der Nachfrüchte. Werden sie in viehlosen Betrieben gemulcht, ist die Stickstofffixierung im Vergleich zur Schnittnutzung geringer und die Lachgasemission höher. Um den Anbau von Klee- und Luzerne auch für Acker- und Gemüsebaubetriebe attraktiver zu gestalten, gilt es die negativen Effekte des Mulchens zu minimieren und einen Zusatznutzen vergleichbar der Futtergewinnung zu generieren. Dazu wurde auf den 'Leitbetrieben Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen' Sprossmaterial von Klee gras oberflächlich als Mulch aufgebracht, bzw. als eingearbeiteter Dünger auf seine pflanzenbauliche und ökologische Wirkung geprüft.

Material und Methoden

Auf mehreren Praxisbetrieben in NRW (www.leitbetriebe.oekolandbau.nrw.de) wurde der Transfer von frischem Klee gras von einem Geber- auf ein Nehmerfeld (*cut & carry*) im Vergleich zu konservierten Produkten auf Basis von Klee gras wie Silage, Biogasgülle und Luzernepellets sowie betriebsüblichen Zukaufdüngern auf ihre Ertragswirkung zu Mais und Sellerie (Wiesengut), Winterraps (Mühlenhof) und Blumenkohl bzw. Romanesco (Finkes Hof) geprüft. Darüber hinaus wurde die Wirkung insbesondere des oberflächlich ausgebrachten Mulches auf die Verunkrautung untersucht sowie potentielle Stickstoff-Verlustquellen wie Lachgasemissionen und Nitrataustrag (hier nicht dargestellt) erfasst. Die Feldversuche wurden als Blockanlagen mit vier Wiederholungen angelegt und mit dem Statistikprogramm SAS varianzanalytisch ausgewertet. Es erfolgte eine wöchentliche, nach Starkregenereignissen tägliche Messung der Lachgaskonzentration mit geschlossenen Hauben und manueller Gasprobenahme. Nach gaschromatographischer Analyse der Proben wurden die Gasflüsse mit dem Programm R nach Leiber-Sauheitl et al. (2014) berechnet. Die Umrechnung der Lachgasemissionen in CO₂-Äquivalente erfolgte nach UN (2016).

Ergebnisse und Diskussion

Die oberflächliche Ausbringung von frischem und siliertem Klee gras reduzierte sowohl die Dichte von Ackersenf (*Sinapis arvensis*) als auch die gesamte Unkrauttrockenmasse signifikant (vgl. Stumm & Köpke 2015). Die Einarbeitung der Dünger aus Klee gras erzielte insbesondere auf ärmeren Standorten eine z.T. signifikante Ertragswirkung in starkzehrenden Kulturen wie Winterraps und Blumenkohl bzw. Romanesco. Der Ertrag war in der mit Haarmehlpellets gedüngten Zukaufdüngervariante in allen Versuchen tendenziell am höchsten, die Unterschiede zu den Varianten die mit Klee gras oder konservierten Produkten aus Klee gras gedüngt wurden, waren jedoch nur in einem Fall signifikant. In diesem

fürte 2015 eine ungenügende Einarbeitung der Silage zu starker Auflaufverzögerung von Raps.

Tab. 1: Einfluss unterschiedlicher organischer Dünger auf den Ertrag von Raps, Blumenkohl und Romanesco in den Erntejahren 2014 und 2015 ($\alpha = 0,05$, Tukey-Test).

	KG	SI	BGG	LP	HMP	KO	GD
Rapsertrag 2014 (dt ha ⁻¹ , 91 % TM)	24,7	25,3	22,2	24,6	26,4	19,4	5,2
Rapsertrag 2015 (dt ha ⁻¹ , 91 % TM)	41,0	25,7	40,9	36,7	45,4	25,4	17,0
Blumenkohl 2014 (verkaufsfähig %)	-	71,3	67,3	83,2	83,1	25,3	18,0
Romanesco 2015 (verkaufsfähig %)	69,1	72,9	95,0	86,1	95,6	52,9	36,1

Alle Varianten eingearbeitet: KG = Klee gras, SI = Silage, BGG = Biogasgülle, LP = Luzerne pellets, HMP = Haarmehlpellets, KO = Kontrolle. Düngung zu Raps 2014: 120 kg N ha⁻¹; Raps 2015: 140 kg N ha⁻¹; Blumenkohl 2014: 280 kg N ha⁻¹; Romanesco 2015: 200 kg N ha⁻¹

Die Lachgasemissionen waren in den mit Klee gras gedüngten Varianten nach Starkregenereignissen ähnlich hoch, wie in der Literatur bei Mulchnutzung von Futterleguminosenbeständen beschrieben (Helmert et al. 2004). Es fand demnach eine Verlagerung der Emissionen vom Geber- auf das Nehmerfeld statt.

Tab. 2: Einfluss von Ausbringung und organischer Düngung auf die Lachgasemissionen aus Mais 2014 und Sellerie 2015 (Tag nach Starkregenereignissen >20 mm m⁻² und gesamter Beprobungszeitraum, $\alpha = 0,05$, Tukey-Test).

g N ₂ O-N ha ⁻¹ d ⁻¹	KG+	KG-	SI+	SI-	BGG	HMP	KO	GD
2. Juli 2014	131,6	131,7	105,6	69,8	40,8	-	-	<i>n.s.</i>
7. Juli 2014	134,0	111,5	100,9	96,1	72,0	-	-	28,7
15. Juli 2014	131,1	81,2	102,8	64,1	126,0	-	-	<i>n.s.</i>
CO₂e 2014 (kg/57d)	772,0	803,2	522,6	490,7	393,1	-	-	<i>n.s.</i>
26. Juni 2015	129,1	-	159,0	-	202,7	212,4	163,3	<i>n.s.</i>
6. Juli 2015	72,0	-	125,2	-	96,6	231,4	66,2	165,0
CO₂e 2015 (kg/42d)	658,6	-	677,8	-	739,6	1239,7	507,3	<i>n.s.</i>

KG+ = Klee gras eingearbeitet, KG- = Klee gras nicht eingearbeitet, SI+ = Silage eingearbeitet, SI- = Silage nicht eingearbeitet, BGG = Biogasgülle eingearbeitet, LP = Luzerne pellets eingearbeitet, HMP = Haarmehlpellets eingearbeitet, KO = Kontrolle. Düngung zu Mais 2014: 150 kg N ha⁻¹; Sellerie 2015: 200 kg N ha⁻¹

Danksagung

Herrn Dr. Roland Fuß und seinem Team im Thünen Institut danken wir herzlich für die Analyse der Treibhausgasemissionen und die Beratung bei der Auswertung.

Literatur

- Helmert, M.; Heuwinkel, H.; Pommer, G.; Gutser, R.; Schmidhalter, U. (2004): Management effects in organically grown clover-grass on nitrous-oxide emissions: comparison of mulching and cutting. In: Weiske, A.: Proceedings: Greenhouse Gas Emissions from Agriculture - Mitigation Options and Strategies, 218-219
- Leiber-Sauheitl, K., Fuß, R., Voigt, C., Freibauer, A., 2014. High CO₂ fluxes from grassland on histic Gleysol along soil carbon and drainage gradients. Biogeosciences 11 (3), 749-761
- UN Framework Convention on Climate Change (2016): Global Warming Potentials. http://unfccc.int/ghg_data/items/3825.php (Abruf 22. Juni 2016)
- Stumm, C. & U. Köpke (2015): Optimierung des Futterleguminosenanbaus im viehlosen Acker- und Gemüsebau. In Häring, A.M. et al. (Hrsg.): Am Mut hängt der Erfolg - Rückblicke und Ausblicke auf die Ökologische Landwirtschaft. 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Verlag Dr. Köster, Berlin, 311-314

Einfluss einer Schwefeldüngung auf die Ertragsleistung und ausgewählte Inhaltsstoffe von Klee gras im Ökologischen Landbau

Herwart Böhm

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

Einleitung

Die atmosphärischen Einträge von Schwefeldioxid sind seit Einführung der Rauchgasentschwefelungsanlagen deutlich gesunken, sodass die Schwefelversorgung von Kulturpflanzen mit höherem Schwefelbedarf nicht mehr gedeckt werden kann. Hierzu gehören neben Raps vor allem auch die Futterleguminosen und –gräser. Schwefel ist u.a. für die Synthese S-haltiger Aminosäuren erforderlich als auch für die symbiotische N-Fixierung der Leguminosen. Im Ökologischen Landbau kann eine Schwefeldüngung mit Hilfe der zugelassenen Dünger erfolgen. In einer einjährigen Voruntersuchung im Jahr 2012 wurden Mehrerträge, höhere RP-Gehalte als auch höhere N- und S-Entzüge nach Schwefeldüngung in einem mehrjährig genutzten Klee gras nachgewiesen (Böhm 2013). Diese Ergebnisse waren Grundlage für eine 3-jährige Versuchsreihe zur Wirkung einer Schwefeldüngung zu Klee gras im 1. und 2. Hauptnutzungsjahr, wobei in diesem Beitrag die Ergebnisse des 2. Hauptnutzungsjahres vorgestellt werden.

Material und Methoden

Am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau in Trenthorst (sandiger Lehm, pH 6,1-6,7, 706 mm ø Niederschlag, 8,8°C Jahresdurchschnittstemperatur) wurden daher in den Jahren 2013 bis 2015 Schwefeldüngungsversuche in Klee gras (Rotklee-Weidelgras-Gemenge) im zweiten Hauptnutzungsjahr durchgeführt. Die Nährstoffversorgung von Phosphor, Kalium und Magnesium lag auf den Versuchsflächen in Gehaltsklasse C. Ausgebracht wurden die sulfathaltigen Dünger Magnesiumsulfat und Calciumsulfat jeweils zu Beginn der Vegetationsperiode in einer Höhe von 30 (nur Magnesiumsulfat) bzw. 60 kg S ha⁻¹ mit einem Parzellendüngerstreuer (Fa. Fiona). Die Versuche wurden als Blockanlage mit 4 Feldwiederholungen und einer Parzellengröße von 3x20 m angelegt, wobei eine Kernbeerntung auf einer Fläche von 24 m² mit einem Feldfütterernter (Fa. Haldrup) durchgeführt wurde. Erfasst wurde der Frischmasse(FM)- und Trockenmasse(TM)-Ertrag von 4 (2013) bzw. 3 Schnitten pro Jahr. Nach Trocknung bei 60°C wurden die Proben mit einer Cyclotec-Mühle (Fa. Foss, Sieb 1 mm) vermahlen und anschließend die Stickstoff- und Schwefelgehalte mit einem CNS-Analysator (Fa. Elementar) bestimmt. Für die statistische Verrechnung, die mit SAS 9.3 und der Prozedur PROC MIXED erfolgte, wurden die Gesamterträge pro Jahr bzw. die Mittelwerte der S- und N-Gehalte sowie die N/S-Verhältnisse der 3 bzw. 4 Schnitte verrechnet, wobei die Faktoren Düngung und Jahr als fixe Effekte in das Modell eingingen.

Ergebnisse und Diskussion

Die statistische Verrechnung wies für die Parameter FM-Ertrag, TS-Gehalt und RP-Gehalt keine signifikante Wechselwirkung von Jahr und Düngung aus. Während die ungedüngte Kontrolle den signifikant geringsten FM-Ertrag und RP-Gehalt aufwies, zeigte der TS-Gehalt den signifikant höchsten Wert in der Kontrolle (Tab. 1). Signifi-

kante Unterschiede zwischen den beiden Düngerarten bzw. der Düngungshöhe wurden nicht ausgewiesen.

	FM-Ertrag [dt ha ⁻¹]	TS-Gehalt [%]	RP-Gehalt [% in TS]
Kontrolle (ungedüngt)	714,88 b	15,34 a	18,49 b
30 kg S ha⁻¹ (MgSO₄)	856,84 a	14,51 b	21,07 a
60 kg S ha⁻¹ (MgSO₄)	890,17 a	14,49 b	21,25 a
60 kg S ha⁻¹ (CaSO₄)	886,14 a	14,42 b	21,11 a

Tab. 1: Gesamt-Frischmasseertrag, Trockensubstanz- und Rohproteingehalt im Mittel der 3 bzw. 4 Schnitte pro Jahr von Rotklee-grasgemenge für den Hauptfaktor Düngung in Abhängigkeit der Schwefeldüngung

Wechselwirkungen für Jahr x Düngung lagen für die Parameter TM-Ertrag, Schwefelgehalte, N/S-Verhältnis sowie für die N- und S-Entzüge vor. Für den TM-Ertrag, der im Jahr 2013 durchschnittlich 107 dt ha⁻¹ betrug, konnten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden. Dagegen wiesen in den Jahren 2014 und 2015 alle Schwefeldüngungsvarianten mit 15-22 dt ha⁻¹ signifikant höhere TM-Erträge im Vergleich zur Kontrolle auf, wobei keine signifikanten Unterschiede zwischen den Düngungsvarianten vorlagen.

Die Schwefeldüngung bewirkte in allen 3 Jahren eine deutlich signifikante Erhöhung der S-Gehalte in den Klee-gras-aufwüchsen. In den Kontrollen lagen die S-Gehalte in den 3 Jahren bei 0,159, 0,126 bzw. 0,136% in der TS. In den gedüngten Varianten lagen die S-Gehalte in 2013 um 30 - 42%, in 2014 um 99 - 130% und 2015 um 76 - 97% höher als in der Kontrolle, wobei es in Abhängigkeit der Jahre signifikante, jedoch keine gleichgerichteten Effekte durch die Düngermenge bzw. -art gab. Die Kontrollen wiesen N/S-Verhältnisse von 21,2 bis 21,8 auf und wurden durch die Düngung signifikant auf 11,4 bis 17,3 verengt.

Die N- und S-Entzüge wurden in allen 3 Jahren ebenfalls signifikant durch die Düngung erhöht. In 2013 waren die N-Entzüge um 12-19% höher, in 2014 und 2015 sogar um 35-45%. Die S-Entzüge in den Kontrollen lagen bei 12-14 kg S ha⁻¹, in den gedüngten Varianten dagegen wurden zwischen 20 bis 40 kg S ha⁻¹ mit den Klee-gras-aufwüchsen entzogen, wobei in den Jahren 2014 und 2015 die S-Entzüge in den mit 60 kg S gedüngten MgSO₄-Varianten signifikant höher waren als in den beiden anderen S-Düngungsvarianten.

Die Ergebnisse zeigen vergleichbare Wirkungen der Schwefeldüngung wie von Böhm (2013) und Becker et al. (2014) beschrieben. Neben den zumeist höheren Ertragsleistungen sind vor allem die verbesserte Futterqualität (höhere Rohproteingehalte) als auch die höheren N-Entzüge und die damit einhergehende höhere N-Fixierleistung hervorzuheben. Die S-Entzüge in Höhe von 20-40 kg S ha⁻¹ zeigen, dass eine Schwefeldüngung in Höhe von 30-60 kg S ha⁻¹ ausreichend ist.

Literatur

- Böhm H (2013) Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee-gras-bestandes. In: Neuhoff D, et al. (eds) Ideal und Wirklichkeit – Perspektiven ökologischer Landwirtschaft. Beitr. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, pp 216-219.
- Becker K, Riffel A, Fischinger SA, Leithold G (2014) Benefit of Sulfate fertilisation in Alfalfa - and clover-grass mixtures in organic farming. In: Rahmann G, Aksoy U (eds), Proc. 4th ISOFAR Scientific Conference. 'Building Organic Bridges', Organic World Congress 2014, pp 535-538.

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

Feng Yan und Bernd Honermeier

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

Einleitung

Die Sojapflanze hat einen hohen Bedarf an Wärme und Wasser. Sie reagiert auf den Wassermangel besonders empfindlich im Blühstadium mit einem starken Ertragsverlust. Bisher wurde der Einfluss von Wassermangel auf die Ertragskomponenten von Sojahonen wenig untersucht. Das Ziel des durchgeführten Parzellenversuchs bestand deshalb darin, den Einfluss unterschiedlicher Wasserversorgung auf den Kornertrag, die Ertragsstruktur, Ertragsstabilität und die Samenqualität von unterschiedlichen Soja-Sorten zu untersuchen.

Material und Methoden

In den Jahren von 2011 bis 2015 wurde am Standort Groß-Gerau ein Feldversuch mit Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) durchgeführt. Der Standort liegt südlich von Frankfurt a. M. (mittlere LT 9,8 °C, mittlere Niederschlagssumme 600 mm, Sandboden, AZ 25, pH 6,5). Vor der Aussaat wurde eine Düngung mit K, P und Mg durchgeführt. Der Versuch wurde als zweifaktorielle Blockanlage mit den Prüffaktoren Sorte und Wasserversorgung angelegt. Jede Parzelle hatte eine Fläche von 10,5 m² (7 m x 1,5 m). Im Versuch wurden insgesamt etwa 15 Sorten aus unterschiedlichen Reifegruppen (000 für sehr frühe und 00 für frühe Reife) getestet. Die Wasserversorgung wurde durch zweimalige Bewässerung (im Juli in der Blütephase jeweils mit 35 mm) erhöht und mit der Kontrolle (ohne Bewässerung) verglichen. Die Aussaat erfolgte Ende April bis Anfang Mai bei einer Saatstärke von 60 Kö./m² und mit Saatgut, das mit *Bradyrhizobium japonicum* (Force 48, Rhizo Flo) beimpft wurde. Die Pflanzen wurden in der Vollreife Ende September geerntet. Dabei wurden Kornertrag, Pflanzenlänge, Anzahl der Hülsen pro Pflanze und Anzahl der Körner pro Pflanze ermittelt. Tausendkorngewicht, Proteingehalt und Fettgehalt der Sojakörner wurden im Labor analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bewässerung führte in den Jahren 2012, 2013 und 2015 zu einer signifikanten Ertragserhöhung, während in den Versuchsjahren 2011 und 2014 keine statistisch gesicherten Mehrerträge beobachtet wurden. Es lag daran, dass die Niederschlagsmenge während der Blühphase im Juli in verschiedenen Versuchsjahren sehr unterschiedlich war. Insbesondere im Jahr 2013 war die Niederschlagsmenge nur 13 mm im Monat Juli, wobei die Pflanze sich in einer schnellen Wachstumsphase befindet und einen großen Bedarf an Wasser aufweist. Der Wassermangel in dieser Wachstumsphase führte zu einer starken Reduzierung der Wuchshöhe der Sojapflanze.

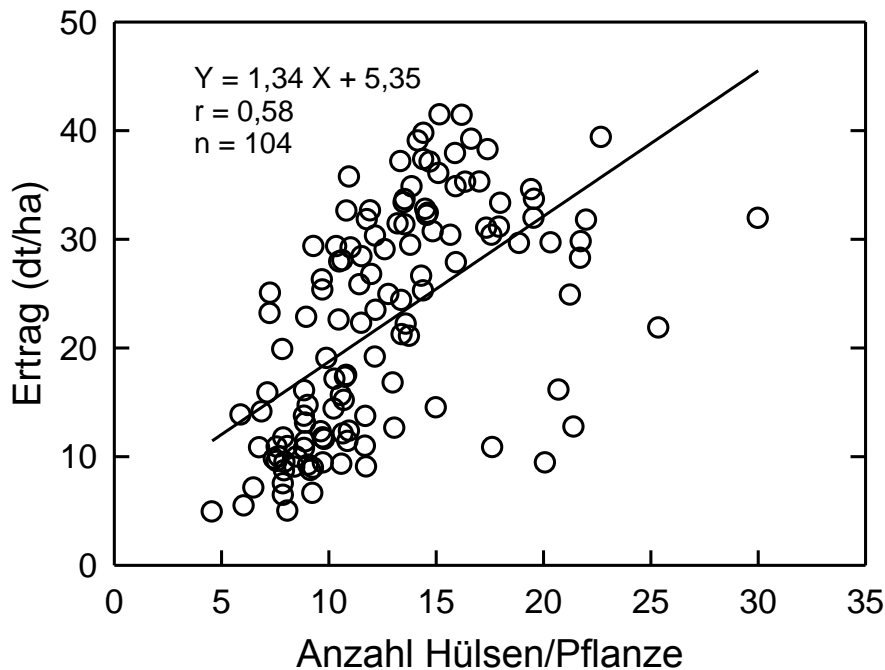


Abb. 1: Korrelation zwischen dem Ertrag und der Anzahl der Hülsen pro Pflanze. Die Daten stammen aus dem Versuchsjahr 2013 mit 13 Sorten, die jeweils mit oder ohne Bewässerung angezogen wurden. Jede Behandlung wurde viermal wiederholt.

Die Pflanzendichte wurde durch den Wassermangel wenig beeinflusst. Wassermangel führte dagegen zu einer starken Reduzierung der Anzahl der Hülsen pro Pflanze. Die Anzahl der Körner pro Hülse und das Tausendkorngewicht blieben hingegen unbeeinflusst. Als Folge von Wassermangel wurde der Ertrag der Sojabohnen stark reduziert. Gegenüber der bewässerten Variante wurde sortenabhängig ein Ertragsrückgang um 35 % (Sorte: Sirelia) bis 80 % (Sorte: ES Mentor) festgestellt (Jahr 2013). Der Ertrag der Sojabohnen korrelierte positiv mit der Wuchshöhe der Sojapflanze ($r = 0,78$) und mit der Anzahl der Hülsen pro Pflanze ($r = 0,58$, Abb. 1). Eine sehr enge Korrelation ($r = 0,92$) wurde zwischen der Anzahl der Hülsen und der Anzahl der Körner pro Pflanze festgestellt. Das deutet darauf hin, dass die Prozesse wie Blühen, Befruchtung und Hülsenansatz sehr empfindlich auf den Wassermangel reagieren. Hingegen ist die weitere Entwicklung der angesetzten Hülsen inklusive der Körnerentwicklung wenig empfindlich gegenüber einem Wassermangel. Darüber hinaus beeinflusst Wassermangel auch den Abstand der ersten Hülse zum Boden. Für alle getesteten Sorten betrug dieser Abstand im Mittel 13,9 cm für nicht bewässerte Pflanzen, während bewässerte Pflanzen 16,5 cm aufwiesen, was das Ernten erleichtert und die Verluste reduziert.

Unsere Ergebnisse lassen die Schlussfolgerung zu, dass die Sojapflanze einen hohen Wasserbedarf in der Blühphase hat. Ein Wassermangel in diesem Stadium führt zu einer starken Reduzierung der Anzahl an Hülsen und Körnern pro Pflanze, was zu einer starken Verminderung der Kornerträge führt.

Erträge und Stickstoffdynamik von Winterkörnerleguminosen im Vergleich zu Sommerkörnerleguminosen

Reinhard Neugschwandtner¹, Alexander Bernhuber¹, Stefan Kammlander¹,
Helmut Wagentristsl² und Hans-Peter Kaul¹

¹ Abteilung Pflanzenbau, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Konrad Lorenz-Straße 24, A-3430 Tulln. E-Mail: reinhard.neugschwandtner@boku.ac.at

² Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Universität für Bodenkultur Wien, Schloßhoferstraße 31, A-2301 Groß-Enzersdorf

Einleitung

Die niedrige Eigenversorgung an Eiweißfutter und die prognostizierten klimatischen Änderungen zählen zu den zentralen Herausforderungen der europäischen Landwirtschaft. Die erwarteten klimatischen Veränderungen in den nächsten Jahrzehnten in Mitteleuropa umfassen einen ganzjährigen Erwärmungstrend und zunehmende Niederschläge im Winter und im zeitigen Frühjahr, aber weniger Niederschläge im späten Frühjahr und im Sommer. Damit geht ein größeres Trockenheitsrisiko insbesondere für Sommerungen einher (Trnka et al., 2011). Beide Herausforderungen können durch die Forcierung des Anbaus von Winterkörnerleguminosen angegangen werden. Ertragsvorteile von Winterungen im Vergleich zu Sommerungen lassen sich u.a. durch den früheren Beginn und die längere Dauer der einzelnen Entwicklungsstadien erklären (Neugschwandtner et al. 2015a). Die BOKU führt daher seit der Vegetationsperiode 2010/11 Versuche mit Winterkörnerleguminosen durch (Neugschwandtner et al., 2015b, c).

Material und Methoden

Der Versuch wurde in Raasdorf (Versuchswirtschaft Groß-Enzersdorf, 538 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag, 10,6°C durchschnittliche Jahrestemperatur; Tschernosem, $\text{pH}_{\text{CaCl}_2} = 7.6$, schluffiger Lehm) in den Jahren 2013/14 und 2014/15 durchgeführt. Es wurden zwei Winterackerbohnsorten (Diva und Hiverna) und sechs Wintererbsensorten (Aviron, Cherokee, Curling, Enduro, Isard und James) mit der Sommerackerbohne Alexia und der Sommererbse Astronaut sowie Winterhafer (Wiland) verglichen. Die Ackerbohnen wurden in zwei Saatstärken (25 und 50 keimfähige (kfK) Körner m^{-2}), die Erbsen mit 80 kfK m^{-2} und der Winterhafer mit 300 kfK m^{-2} angebaut. Die Aussaat der Winterungen erfolgte im Oktober, jene der Sommerungen im März. Die Stickstofffixierungsleistung wurde mithilfe der Erweiterten Differenzmethode nach Stülpnagel (1982) geschätzt (Referenzpflanze: Winterhafer). Die Ergebnisse für die Winterackerbohnen und Wintererbsen wurden als Mittelwerte über alle Sorten dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten oberirdischen Biomasse- (ABDM) sowie Kornerträge wurden vom Winterhafer erzielt, gefolgt von der Wintererbse und dann von der Winterackerbohne. Die Sommerungen erzielten jeweils niedrigere Erträge. Die Erträge der Winterackerbohnen bzw. der Wintererbsen waren rund 1,5- bzw. knapp 2-fach höher als jene der Sommerungen. Den höchsten Ernteindex hatten Winterhafer und Wintererbse vor den Sommerungen, die vor der Winterackerbohne lagen. Der Korn-N-Ertrag des Winterhafers war gleichauf mit den Sommerkörnerleguminosen, die Winterungen der Ackerbohne bzw. der Erbse zeigen um rund 60 % bzw. rund 80 % höhere Korn-N-Erträge als die Sommerungen. Die geringsten mineralischen

Nitratstickstoffgehalte im Boden (0-90 cm) verblieben nach dem Winterhafer, gefolgt von Winterackerbohne und Wintererbse. Die höchsten Gehalte wurden nach den Sommerkörnerleguminosen beobachtet. Die Stickstofffixierungsleistung war bei der Wintererbse am höchsten, gefolgt von der Winterackerbohne. Winterackerbohne und Wintererbse hatten eine um rund 75 % bzw. rund 150 % höhere Stickstofffixierungsleistung als die jeweiligen Sommerungen.

Die Ergebnisse zeigen, dass die Winterungen von Ackerbohne und Erbse im Vergleich zu deren Sommerungen deutlich höhere Korn- und Korn-N-Erträge sowie eine deutlich höhere Stickstofffixierungsleistung erzielen können. Einzig der im Boden nach der Ernte (für die Folgefrucht) verbleibende mineralische Nitratgehalt ist in den Sommerungen geringfügig höher.

Tab. 1: Erträge und Stickstoffdynamik von Winterkörnerleguminosen im Vergleich zu Sommerkörnerleguminosen (und Winterhafer)

	AGDM ¹ (g m ⁻²)	Korn (g m ⁻²)	HI ² (%)	Korn-N (g m ⁻²)	NO ₃ -N ² (g m ⁻²)	N _{fix} ³ (g m ⁻²)
Kultur						
Winterhafer	1055 ^a	525 ^a	50 ^a	8,2 ^c	2,3 ^c	
Winterackerbohne	826 ^c	306 ^c	37 ^c	14,5 ^b	5,1 ^b	12,3 ^b
Wintererbse	942 ^b	445 ^b	47 ^a	17,4 ^a	5,6 ^{ab}	17,8 ^a
Sommerackerbohne	473 ^d	205 ^d	43 ^b	9,1 ^c	7,0 ^a	7,0 ^c
Sommererbse	541 ^d	231 ^d	42 ^b	9,5 ^c	6,5 ^a	7,0 ^c
Jahr						
2013/14	848 ^a	339 ^a	40 ^b	13,1 ^b	7,1 ^a	13,3 ^a
2014/15	795 ^a	384 ^a	48 ^a	15,3 ^a	3,8 ^b	13,6 ^a
ANOVA GLM						
Kultur	***	***	***	***	***	***
Jahr		**	**	*	***	
K × J	***		***			

¹ AGDM = above-ground dry matter (Oberirdische Biomasse), ² NO₃-N = Mineralischer Nitratstickstoff im Boden (0-90 cm) nach der Ernte, ³ N_{fix} = Stickstofffixierung aus der Luft

Literatur

- Neugschwandtner, R.W., Böhm, K., Hall, R.M., Kaul, H.-P., 2015a. Development, growth, and nitrogen use of autumn- and spring-sown facultative wheat. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 65, 6-13.
- Neugschwandtner, R.W., Ziegler, K.V., Kriegner, S., Kaul, H.-P., 2015b. Limited winter survival and compensation mechanisms of yield components constrain winter faba bean production in Central Europe. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 65, 496-505.
- Neugschwandtner, R., Ziegler, K., Kriegner, S., Wagentristl, H., Kaul, H.-P., 2015c. Nitrogen yield and nitrogen fixation of winter faba beans. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science* 65, 658-666.
- Stülpnagel R. 1982. Schätzung der von Ackerbohnen symbiotisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. *Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau* 151, 446-458.
- Trnka, M., Eitzinger, J., Semerádová, D., Hlavinka, P., Balek, J., Dubrovský, M., Kubu, G., Štěpánek, P., Thaler, S., Možný, M., Žalud, Z., 2011. Expected changes in agroclimatic conditions in Central Europe. *Climate Change* 108, 261-289.

Wirkung von Hydropriming in Soja auf Keimrate und Auflaufgeschwindigkeit

Beatrice Tobisch¹, Günter Leithold¹ und Klaus-Peter Wilbois²

¹ Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität Gießen

² Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Frankfurt am Main

E-Mail: beatrice.tobisch@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Die Sojaanbaufläche in Deutschland nimmt stetig zu. In 2015 wurde in Deutschland auf 17.000 ha Soja angebaut, die Anbauswerpunkte liegen in Bayern und Baden-Württemberg (Recknagel 2015). Züchterisch wird Soja bearbeitet, um den Anbau auch in ungünstigeren Lagen (kältere Lagen mit kürzerer Vegetationszeit) zu ermöglichen (Wilbois u. a. 2014). Daneben gibt es aber auch Verfahren wie das Hydropriming, die ebenfalls ihren Beitrag zur Verkürzung der Vegetationszeit leisten können. Erste Versuche deuten auf eine Wirksamkeit bei Soja hin (Mohammadi 2009; Kujur und Lal 2015), allerdings sind die Ergebnisse oft widersprüchlich (Zurheide et al. 2012; Kering und Zhang 2015).

Material und Methoden

In der vorliegenden Untersuchung wurde die Wirkung von Hydropriming auf die Keimrate und die Auflaufgeschwindigkeit von fünf verschiedenen Sojasorten (ES Mentor, Merlin, Primus, Lissabon, Opaline) in einem Gefäßversuch untersucht. Für das Hydropriming wurden die Sojabohnen für 4, 8, 12 bzw. 16 Stunden in Gefäße mit deionisiertem Wasser bei einer Raumtemperatur von 22 ± 2 °C gegeben und anschließend 25 Stunden schonend bei Raumtemperatur getrocknet.

Der Keimversuch bei unterschiedlichen Temperaturen (12, 15 und 18 °C) wurde in einer randomisierten Blockanlage mit je 4 Wiederholungen durchgeführt. Die Gefäße (10 cm Ø) wurden mit einem Gemisch aus Sand (2/3) und Feldboden (1/3) gefüllt, auf 60 % der maximalen Wasserkapazität aufgegonnen und jeweils drei Sojabohnen in 3 cm Tiefe abgelegt. Im Anschluss wurde das Wachstum täglich überprüft und die Gefäße gegebenenfalls auf die gewünschte Wasserkapazität mit vortemperiertem destilliertem Wasser gebracht.

Die Keimrate (Gesamtaufaufrate) wurde anhand aller auflaufenden Keime bis zum Versuchsende bestimmt. Die Auflaufgeschwindigkeit wurde anhand der Tage von der Aussaat bis zum Auflaufen in Tagen dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamtaufaufrate war in der Kontrollvariante (79,45 %) am höchsten. Alle Primingvarianten zeigten eine deutlich niedrigere Aufaufrate (bestes Ergebnis 69,45 % bei 8 Stunden priming). Die Primingvariante „4 Stunden“ zeigte eine signifikante Verringerung der Gesamtaufaufrate auf 55,56 %.

Die Auflaufdauer zeigte signifikante Interaktionen zwischen Keimtemperatur und Priming. Innerhalb der 12 °C Keimtemperatur zeigte die Primingvariante „12 Stunden“ mit einem Mittelwert von 19,7 Tagen bis zum Auflaufen eine signifikante Verkürzung der Auflaufdauer gegenüber der Kontrolle mit 22,28 Tagen

(Abbildung 1). Innerhalb der 12 °C Keimtemperatur konnte im Vergleich zur Gesamtheit keine signifikante Verschlechterung der Gesamtaufaufrate festgestellt werden.

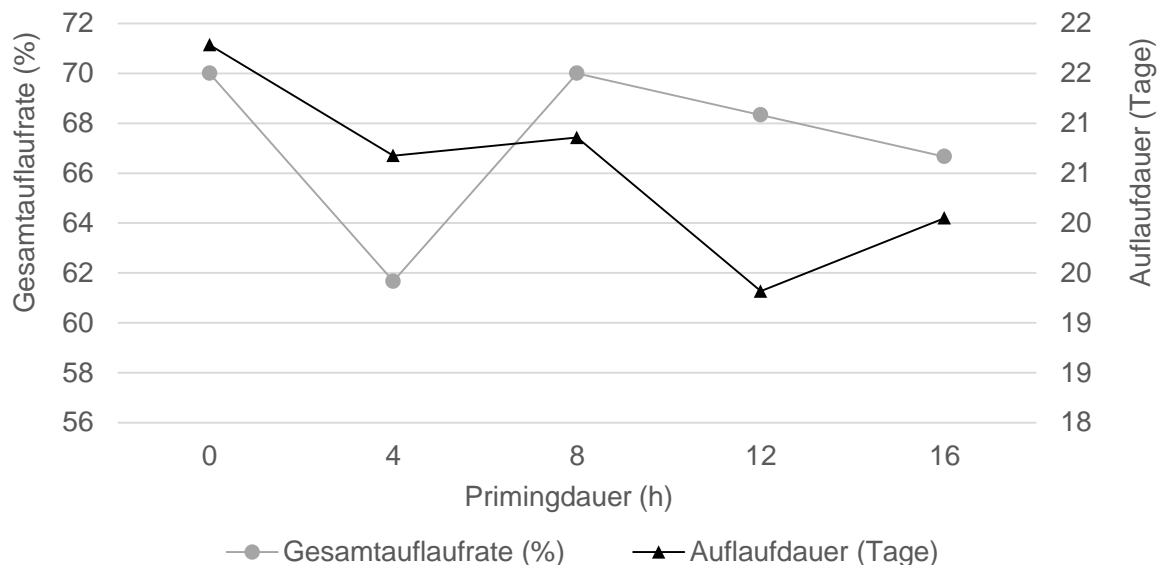


Abb. 1: Gesamtaufaufrate und Auflaufdauer nach 4, 8, 12 bzw. 16 Stunden Hydropriming (inkl. 0 h als Kontrolle) im Gefäßversuch bei 12°C

Daraus lässt sich schlussfolgern, dass das Hydropriming unter kühlen Bedingungen (12 °C) eine verkürzende Wirkung auf die Auflaufdauer zeigt, ohne dabei die Gesamtaufaufrate deutlich zu verringern. Dieses Ergebnis muss in weiteren Versuchen verifiziert werden.

Literatur

- Kering, Maru K., und Bo Zhang. 2015. „Effect of Priming and Seed Size on Germination and Emergence of Six Food-Type Soybean Varieties“. *International Journal of Agronomy*, 859212.
- Kujur, Anubha Benedicta, und Gabriel M. Lal. 2015. „Effect of Hydropriming and Osmopriming on Germination Behaviour and Vigor of Soybean (*Glycine Max L.*) Seeds“. *Agricultural Science Digest - A Research Journal* 35 (3): 207.
- Mohammadi, G. R. 2009. „The effect of seed priming on plant traits of late-spring seeded soybean (*Glycine max L.*)“. *American-Eurasian Journal of Agriculture & Environment Science* 5 (3): 322–26.
- Recknagel, Jürgen. 2015. „Soja-Anbaupotentiale und Absatzmöglichkeiten in Deutschland“. In *Soja-Tagung 2015 im Rahmen des bundesweiten Soja-Netzwerks*, Tagungsband, 14–20. Freising.
- Wilbois, Klaus-Peter, Ann-Kathrin Spiegel, Ludwig Asam, Christiane Balko, Heiko Becker, Estelle Berset, Andreas Butz, u. a. 2014. „Ausweitung des Sojaanbaus in Deutschland durch züchterische Anpassung sowie pflanzenbauliche und verarbeitungstechnische Optimierung“. Bericht. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), D-Frankfurt.
- Zurheide, Tim, M.E. Vergara, H-W. Olf, und D. Trautz. 2012. „Untersuchung eines Vorquellverfahrens hinsichtlich des Einflusses auf Keim- und Jugendentwicklung bei Soja (*Glycine max*)“. In *Mitteilung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften*, 29. Berlin.

Verfügbarmachung und Nachnutzung von Forschungsdaten – schlummerndes Potential in der agrarwissenschaftlichen Forschung

L. Breitsameter¹, N. Brüggemann², T. Feike³, H. Kage⁴, K.-C. Kersebaum⁵
und H. Stützel¹

¹ Systemmodellierung Gemüsebau, Leibniz Universität Hannover; ² IBG-3, Forschungszentrum Jülich; ³ Julius Kühn-Institut, Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow; ⁴ Institut für Pflanzenbau und -züchtung, Christian-Albrechts-Universität Kiel; ⁵ Institut für Landschaftssystemanalyse, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung, Müncheberg.
E-Mail: breitsameter@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Eine zukunftsorientierte Gestaltung von Anbausystemen erfordert eine eingehende Erforschung der Genotyp x Umwelt x Bewirtschaftungs-Interaktionen. Die hierzu erforderliche Berücksichtigung eines weiten Spektrums von genetischen und Umweltvariablen ist von einzelnen Versuchsanstellern meist nicht zu leisten. Verfahren der Meta-Analyse eröffnen hierfür wichtige Optionen, indem sie eine übergreifende Auswertung von Datensätzen aus unabhängig voneinander durchgeführten Feldversuchen ermöglichen (z. B. Walter et al. 2015).

Wir postulieren, dass eine die Einzelexperimente übergreifende Auswertung einer umfangreichen Datenbasis aus agrarwissenschaftlichen Feldversuchen einen signifikanten Erkenntnisgewinn erbringen kann. Eine zentrale Voraussetzung hierfür ist die Verfügbarkeit und Nachnutzbarkeit geeigneter Daten. Die Publikation von Forschungsdaten als Teil eines zukunftsgerichteten Forschungsdatenmanagements liefert hierfür immenses, bisher kaum wahrgenommenes Potential (Costas et al. 2013).

Material und Methoden

In digitalen Literaturliteraturdatenbanken wurden frei verfügbare agrarwissenschaftliche (Feld-)versuchsdaten sowie Informationen zu existierenden Methodenstandards mit Relevanz für die Publikation agrarwissenschaftlicher Forschungsdaten recherchiert. Zur Vorbereitung einer Standorte und Einzelversuche übergreifenden Meta-Auswertung von Forschungsdaten wurde eine Literatursuche exemplarisch zu einem Themenfeld/Versuchstyp durchgeführt. Über Internet- und Bibliotheksdatenbanken erfolgte eine Literaturrecherche in begutachteten Zeitschriften, Tagungsbänden, Dissertationen und Internetdokumenten zu Stickstoffsteigerungsversuchen, die an Forschungsinstitutionen in Deutschland durchgeführt wurden, und es wurden Metadaten zu diesen Versuchen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Publikation in redigierten Datenjournalen bietet eine Option, Datensätze dauerhaft für eine Nachnutzung verfügbar zu machen (zum Beispiel Mirschel et al. 2014). Datenjournale existieren seit wenigen Jahren für unterschiedliche wissenschaftliche Disziplinen. Aus einem data descriptor paper oder einem umfangreichen Metadatensatz müssen alle zur Interpretation der Daten erforderlichen Angaben hervorgehen. Ein allgemeingültiges Format für die Beschreibung von Daten aus agrarwissenschaftlichen Feldversuchen erscheint aufgrund der Heterogenität der Experimente schwer implementierbar; es existieren allerdings einige in internationalen Konsortien entwickelte Vorlagen (beispielsweise

White et al. 2013). Ebenso existieren zahlreiche Leitlinien zur Erstellung von Metadaten. Der Umfang des Datenmaterials (Anzahl und Identität der erhobenen Zielgrößen, räumliche und zeitliche Messauflösung), die Qualität der Datenbeschreibung und die Validität der Datenpunkte entscheiden über Optionen der Nachnutzung der Daten (z. B. Kersebaum et al. 2015 für Nutzpflanzenmodellierung). Der Publikationsprozess beinhaltet ein peer-review der Daten und der Datenbeschreibung. Qualitätsgeprüfte, vollständig beschriebene Datensätze werden dauerhaft in einem zertifizierten Datenrepositorium hinterlegt und erhalten einen persistenten Identifikator, der ihre langfristige Auffindbarkeit als digitales Objekt sicherstellt. Nutzungsrechte an den publizierten Daten sind durch Lizenzen geregelt.

Die Recherche zur Verfügbarkeit agrarwissenschaftlicher Versuchsdaten und Landnutzungsdaten lieferte weniger als ein Dutzend veröffentlichte Datensätze. Die Literaturrecherche zu den in Deutschland durchgeführten Feldversuchen ergab eine Gesamtzahl von knapp 100 Stickstoffsteigerungsversuchen. Davon untersuchten knapp 60 die Stickstoffmengen-Ertrags-Relationen von Winterweizen, wobei die Experimente über eine Zeitspanne von vier Jahrzehnten verteilt sind. Die Verfügbarkeit der Forschungsdaten und die Auflösung der verfügbaren Daten sind Grundlage und Limitierung für weitergehende Auswertungen an diesem Datensatz.

Unsere Arbeit unterstreicht, dass die Verfügbarmachung von Forschungsdaten durch Datenpublikation immenses, aber bisher kaum genutztes Potential birgt. Die Publikation von Datensätzen ist – nach ihrer Auswertung durch den Datenurheber – eine wertpotenzierende Zweitnutzung. Sie erbringt der wissenschaftlichen Gemeinschaft eine Ausweitung der nutzbaren Datenbasis für die Bearbeitung zukunftsweisender Forschungsfragen. Des Weiteren erbringt die Publikation von Forschungsdaten eine zusätzliche Inwertsetzung öffentlicher Investitionen, welche für die Erzeugung der Daten getätigt wurden. Die Datenurheber erlangen ferner als Autoren der Datensätze durch die wissenschaftliche Nachnutzung und Zitierung der Datenpublikation eine zusätzliche Anerkennung ihrer wissenschaftlichen Leistung. Eine Ausweitung der Publikationstätigkeit von pflanzenbaulichen Versuchsdaten erscheint somit dringend angezeigt und kann einen relevanten Beitrag zu einer zukunftsorientierten Forschung und den hierfür notwendigen Infrastrukturen liefern.

Literatur

- Costas, R., Meijer, I., Zahedi, Z., Wouters, P. (2013). The Value of Research Data - Metrics for datasets from a cultural and technical point of view. A Knowledge Exchange Report, Internetdokument verfügbar unter www.knowledge-exchange.info/datametrics.
- Kersebaum, K.-C., Boote, K. J., Jorgenson, J. S., Nendel, C., Bindi, M., Frühauf, C., et al. (2015) Analysis and classification of data sets for calibration and validation of agro-ecosystem models. *Environmental Modelling & Software* 72, 402–417.
- Mirschel, W., Schindler, U., Hufnagel, J., Barkusky, D., Dittmar, S., Voigt, C., Laacke, L. (2014): Coherent multivariable 6-year field trial data set for agro-ecosystem model verification and validation from Müncheberg experimental station, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V. doi: 10.4228/ZALF.1992.271
- Walter, K., Don, A., Fuß, R., Kern, J., Drewer, J., Flessa, H. (2015) Direct nitrous oxide emissions from oilseed rape cropping - a meta-analysis. *GBD Bioenergy* 7, 1260–1271.
- White, J. W., Hunt, L. A., Boote, K. J., Jones, J. W., Koo, J., Kim, S., et al. (2013) Integrated description of agricultural field experiments and production: The ICASA Version 2.0 data standards. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, 1–12

BRIWECS: Moderne Winterweizensorten vereinen eine breite biotische und abiotische Stresstoleranz

Benjamin Wittkop, Rod Snowdon und Wolfgang Friedt

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Professur für Pflanzenzüchtung, Justus-Liebig-Universität, Gießen. E-Mail: Benjamin.Wittkop@agr.uni-giessen.de

Einleitung

In Bezug auf Anbaufläche und Verwendung ist Winterweizen hierzulande die wichtigste landwirtschaftliche Kulturpflanze. Weizenzüchtung wird hier wie auch in vielen anderen Ländern seit Jahrzehnten intensiv betrieben. Anhand der langjährigen Sortenentwicklung und Dokumentation ist ein erheblicher Zuchtfortschritt hinsichtlich Kornertrag, Krankheitsresistenz und Kornqualität nachgewiesen. Im Lauf der letzten Jahrzehnte konnte hierzulande eine Ertragssteigerung von durchschnittlich etwa 1dt pro Hektar und Jahr für Winterweizen belegt werden, wobei nach verschiedenen Schätzungen 30-50% des Ertragszuwachses auf eine züchterische Verbesserung und eine bessere Nutzung des genetischen Ertragspotenzials zurückzuführen sind. Selbstverständlich hätte die Steigerung des Leistungspotenzials nicht in der Praxis umgesetzt werden können, hätten nicht gleichzeitig produktionstechnische Optimierungen insbesondere bzgl. Düngung und Pflanzenschutz eine bessere Nutzung des genetischen Potenzials ermöglicht. Anhand mehrjähriger und mehrortiger Prüfung eines repräsentativen Sortiments von 90 Winterweizensorten aus den 1960er bis 2000er Jahren haben Ahlemeyer und Friedt (2012) gezeigt, dass bei intensiverer Behandlung (Düngung, Pflanzenschutz) der genetische Ertragszuwachs durchschnittlich $34 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ beträgt; bei reduzierter Behandlungsintensität wurde eine Steigerung von $37,5 \text{ kg ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ errechnet. Dieser durchschnittliche Ertragsanstieg ist allerdings in der landwirtschaftlichen Praxis nicht immer realisierbar. Hier lassen ungünstige Produktionsbedingungen, wie z.B. i) geringe Niederschläge und höhere Temperaturen während der Kornfüllungsphase, ii) die Ausweitung des Winterweizenanbaus auf Nicht-Gunstandorte und iii) ein höherer Anteil von Stoppelweizen die optimale Ausschöpfung des gestiegenen Ertragspotenzials nicht immer zu.

Der aktuell erreichte Stand der Weizenzüchtung bzgl. Resistenz und Kornertrag ist u.E. am besten anhand von orthogonal durchgeführten Feldversuchen mit Weizensorten unterschiedlicher Zulassungsgenerationen an möglichst verschiedenen Standorten und in mehreren Jahren mit differenzierten Behandlungsstufen (Düngung, Pflanzenschutz) erfassbar. Solche Feldversuche in Verbindung mit Untersuchungen der Wurzelentwicklung und deren Bedeutung für den Ertrag sowie die Ertragssicherheit werden derzeit in einem durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) geförderten Verbundprojekt - „BRIWECS: Pflanzenzüchterische Innovation bei Weizen für resiliente Anbausysteme“ - in Kooperation der Universitäten Hannover, Kiel, Bonn und Gießen sowie des Julius-Kühn-Instituts Quedlinburg durchgeführt (www.briweecs.de).

Material und Methoden

Am Standort Rauschholzhausen (RH, $50^{\circ} 44' \text{ N}$, $8^{\circ} 50' \text{ E}$) werden 220 diverse Winterweizensorten, der Zulassungsjahre 1966 bis 2013 mehrjährig in 3 unterschiedlichen Behandlungsstufen mit jeweils 2 Wiederholungen geprüft: i) extensiv, 110 kg N ha^{-1} , kein Pflanzenschutz (BS1), ii) semi-intensiv, 220 kg N ha^{-1} , kein Pflanzenschutz (BS2), iii) intensiv, 220 kg N ha^{-1} , mit Pflanzenschutz (BS3). Am Standort Groß-Gerau (GG, $49^{\circ} 55' \text{ N}$, $8^{\circ} 29' \text{ E}$, generell mit Beregnung) wird eine zusätzliche Variante (BS4) getestet, die analog zu BS3, jedoch ohne zusätzliche Beregnung durchgeführt wird. Zusätzlich werden Bonituren zur Erfassung von Wuchshöhe, Zeitpunkt der Ährenschiebens, Anzahl ährentragender Halme pro m^2 , Kornzahl pro Ähre sowie Bonituren von Krankheiten durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse ausgewählter Varietäten (nur in Deutschland zugelassene Sorten) des Erntejahres 2015 in RH zeigen, dass neuere Sorten sowohl in der behandelten als auch in der unbehandelten Variante einen höheren Kornertag zeigen als ältere (Abb. 1, A); die neuen Sorten sind somit generell ertragsstärker und auch stabiler.

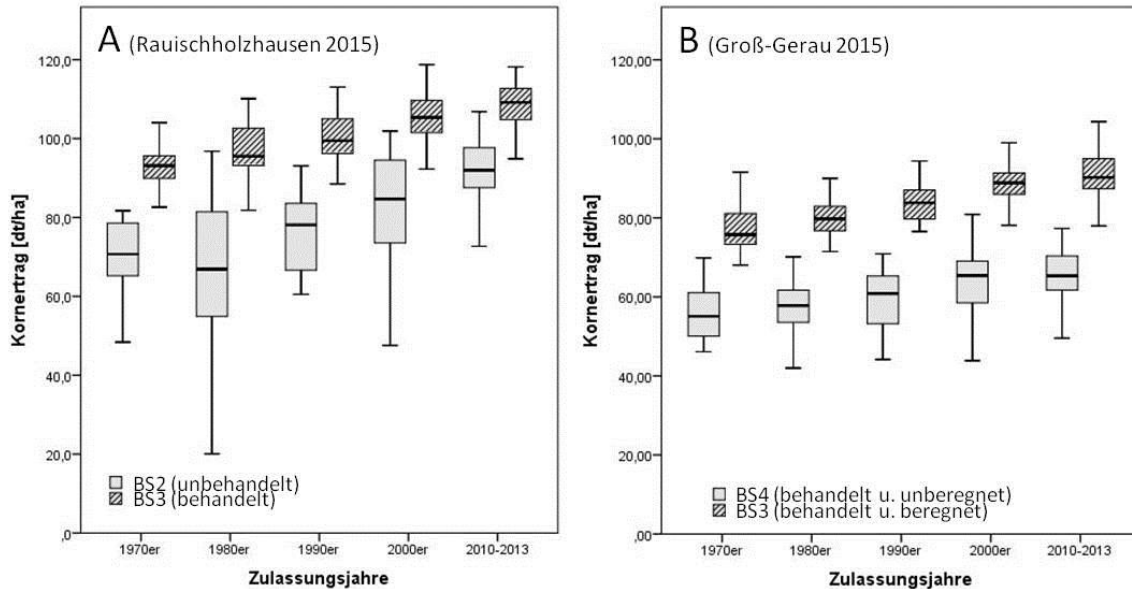


Abb. 1: Gegenüberstellung des Kornertages ausgewählter Winterweizensorten (n=165); **A:** Behandlungsstufen 2 (ohne Fungizideinsatz) und 3 (mit Fungizideinsatz) am Standort Rauischholzhausen 2015 und **B:** beregnete (BS3) und unberegnete Trockenstress-Variante (BS4) am Standort Groß-Gerau 2015.

Das Anbaujahr 2015 war am Standort RH durch einen sehr starken Gelbrostbefall geprägt. Anhand der höheren Kornertäge der Sorten der Zulassungsjahre 2010-2013 in der unbehandelten Variante wird deutlich, dass die Züchtung auf die veränderten Bedingungen (z.B. Dominanz der WARRIOR-Rasse bei Gelbrost) schnell mit der Bereitstellung resistenter Sorten reagieren konnte.

Die zusätzliche, unberegnete Variante am Standort GG war in der durch Trockenheit geprägten Vegetationsperiode (März-Juli 2015, im Vergleich zum langjährigen Mittel fehlten ca. 100 mm Niederschlag) dafür prädestiniert die 220 Sorten hinsichtlich ihrer abiotischen Stresstoleranz – insbesondere Trockenstress – zu untersuchen. Das führte in der unberegneten Variante zu einem deutlich sichtbaren Trockenstress und einem mittleren Ertragsabfall von ca. 30% im Vergleich zur beregneten Variante. In Abbildung 1 sind die Erträge der Sortengruppen unterschiedlicher Zulassungsjahre vergleichend für die beiden Varianten dargestellt; auch hier zeigen die neueren Sorten unter beiden Bewässerungsregimen einen höheren Kornertag als ältere. Die Ergebnisse werden im laufenden Erntejahr 2016 überprüft.

Literatur

Ahlemeyer, J. und Friedt, W. (2012), Weizenerträge in Deutschland stabil auf hohem Niveau. Getreidemagazin, 38-41.

Entwicklungen in der Lichtaufnahme von Winterweizensorten in der deutschen Züchtungshistorie – erste Ergebnisse und Erkenntnisse

Carolin Lichthardt und Hartmut Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover.
E-Mail: lichthardt@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Innovationen in der Pflanzenzüchtung haben dazu geführt, dass die Winterweizenerträge sich in den letzten 50 Jahren mehr als verdoppelt haben – es gibt aber immer noch Unstimmigkeiten was die Ursächlichkeit angeht.

Als mögliche Gründe für den Ertragszuwachs kommen die Erhöhung des Ernteindex und außerdem eine Zunahme in der Gesamtbiomasse in Frage. Bei einer Zunahme der Biomasse können höhere Erntemengen nur durch eine verbesserte Nutzung der Ressourcen erreicht werden und das bedeutet in Bezug auf das zu Verfügung stehende Licht eine bessere Lichtaufnahme oder/und eine bessere Lichtnutzungseffizienz. Genau diesen Zusammenhang untersuchen wir im Rahmen der Verbundprojektes BRIWECS (Breeding innovations in wheat for resilient cropping systems) in einem großen Feldversuch. An 220 Sorten, welche die Züchtungshistorie der letzten 50 Jahre abdecken, werden im Feld sensorische Messungen durchgeführt, die Aufschluss darüber geben sollen, wie effizient die Pflanzen Licht aufnehmen und welchen Einfluss Pflanzenarchitektur und Blattstickstoff auf Lichtaufnahme und Lichtnutzungseffizienz haben. Einjährige Ergebnisse aus dem Feldversuch sollen Tendenzen aufzeigen, ob moderne Sorten eine länger ausdauernde Blattfläche besitzen und so das einfallende Licht besser und länger verwerten können. Außerdem soll gezeigt werden, ob das Managementsystem einen Einfluss auf diese Zusammenhänge hat.

Material und Methoden

Die Auswahl von 220 Sorten besteht aus folgenden Teilsortimenten:

- ein historisches Sortiment welches die letzten 50 Jahre abdeckt,
- ein Sortiment an modernen Sorten, angepasst an deutsche bzw. westeuropäische Bedingungen,
- Sorten, die an biologische Produktionsbedingungen angepasst sind
- Hybrid Sorten und deren Elternlinien und
- ein Sortiment an Sorten aus einem Diversitätsset mit Ursprungsregionen aus der ganzen Welt.

Das Sortenspektrum wurde in drei Behandlungsvarianten in Ruthe bei Sarstedt angebaut.

Die Behandlungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

	Stickstoff- Sollwert	Fungizide
„low-input“	110 kg/ha	Nein
„semi-intensive“	220 kg/ha	Nein
„intensive“	220 kg/ha	Ja

Ansonsten wurden alle Parzellen einheitlich und standortangepasst behandelt. Mit zwei Wiederholungen ergaben sich 1320 Parzellen, die jeweils mit einer Fläche von 10 m² ausgewertet werden. Das Versuchsdesign entspricht einer Spaltanlage.

Über die Vegetationszeit wurden verschiedenste physiologische Parameter erfasst, unter anderen das Datum des Ährenschiebens, die Bestandeshöhe und der Krankheitsbefall. Des Weiteren wurden ab dem Schossen in der intensiven Variante nicht-destruktive, sensorische Messungen gemacht um die Blattfläche (mit dem LAI 2200 von LI-COR Biosciences) und die Lichtaufnahme im Bestand (mit dem LI-191 von LI-COR Biosciences) zu erfassen. In regelmäßigen Abständen wurden zu dem noch SPAD Messungen gemacht um die Blattflächendauer zu schätzen. Ein Teilsortiment wurde sowohl in der Behandlung „intensive“ als auch in „low-input“ untersucht, um den Managementeffekt zu bewerten.

Ergebnisse und Diskussion

Im Vortrag werden die vorläufigen Ergebnisse zur Blattfläche, Lichtaufnahme und deren Zusammenhänge dargestellt. Die Ergebnisse sollen dann auf Grundlage von aus der Literatur bekannten Hintergründen diskutiert werden.

Literatur

- Moreau, D. et al. Acclimation of leaf nitrogen to vertical light gradient at anthesis in wheat is a whole-plant process that scales with the size of the canopy. *Plant Physiol.* 160, 1479–90 (2012).
- Cormier, F. et al. Breeding for increased nitrogen-use efficiency: a review for wheat (*T. aestivum* L.). *Plant Breed.* 135, 255–278 (2016).
- Gaju, O. et al. Leaf photosynthesis and associations with grain yield, biomass and nitrogen-use efficiency in landraces, synthetic-derived lines and cultivars in wheat. *F. Crop. Res.* 193, 1–15 (2016).

Welche Sorteneigenschaften bestimmen den Ertrag: Erste Ergebnisse aus einer Phänotypisierung von 220 Weizengenotypen

Sabrina Nagler, Ulf Böttcher und Henning Kage

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

Einleitung

In den letzten 50 Jahren konnte die Weizenproduktion weltweit deutlich gesteigert werden, wobei der Züchtungsfortschritt, intensiviertere und verbesserte Produktionssysteme sowie in einigen Regionen veränderte Umweltbedingungen die Haupteinflussfaktoren darstellen. Seit Beginn des 21. Jahrhunderts stagnieren die Erträge von Winterweizen in Westeuropa jedoch, was unter anderem auf klimatische Ursachen zurückzuführen ist (Brisson et al. 2010).

Phänologische Entwicklung, Strahlungsaufnahme und Photosynthese, Harvest Index, Trockenstresstoleranz und Krankheitsresistenzen sind wichtige Eigenschaften, die den Ertrag einer Sorte bestimmen. Um die Bedeutung der einzelnen Sorteneigenschaften abschätzen zu können, werden im Rahmen des BMBF-geförderten Projektes „Briwecs“ verschiedene Winterweizen-Genotypen unter verschiedenen Umwelt- und Managementeinflüssen untersucht. Im vorgestellten Teilprojekt werden dabei insbesondere die Bestandesentwicklung und Trockenstresstoleranz anhand nicht-destruktiver Messverfahren betrachtet.

Material und Methoden

In einem dreijährigen Feldversuch von 2014/2015 bis 2016/2017 werden in Hohenschulen, Schleswig-Holstein, 220 Winterweizen-Genotypen der letzten 50 Jahre aus Deutschland, Mitteleuropa und Weizenanbaugebieten weltweit betrachtet.

Um Interaktionen zwischen Genotypen und Management abzubilden, werden drei Anbauintensitäten in drei Wiederholungen untersucht: 110 kg N/ha, ohne Fungizide, ohne Wachstumsregler, ohne Insektizide („low-input“); 220 kg N/ha, ohne Fungizide, mit Wachstumsreglern, ohne Insektizide („semi-intensive“); 220 kg N/ha, mit Fungiziden, mit Wachstumsreglern, mit Insektiziden („intensive“). Der Versuch wurde teilrandomisiert mit einer Parzellengröße von 3 m x 3 m angelegt.

In den Entwicklungsstadien BBCH 32 bis BBCH 80 wurden wöchentlich Messungen mit einem traktor-gestützten Sensorsystem zu Erfassung von Bestandesreflexion und Bestandestemperatur durchgeführt, um auf Bestandesflächenindex (GAI) (vgl. Müller et al. 2008) und Wasserversorgungsstatus (Jackson et al. 1988) zu schließen. Zur Kalibrierung der Beziehung zwischen Bestandesreflexion und GAI wurden an zwei Terminen (BBCH 32 und BBCH 39) und an drei Terminen (BBCH 32, BBCH 39 und BBCH 59) Messungen mit dem LI-COR LAI-2000 durchgeführt. Zu je drei Terminen im Herbst 2015 und Frühjahr 2016 wurde die Blattanzahl jedes Genotyps zur Berechnung des Phyllochrons bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die untersuchten Genotypen zeigten im ersten Versuchsjahr einen Anstieg des Ertrages mit dem Zulassungsjahr (Abb. 1) um 0,3 dt/ha/Jahr in der Intensität „Intensive“. Der höhere Ertragszuwachs je Jahr in den Behandlungen ohne Fungizide

(„Semi-intensive“: 0,49 dt/ha/Jahr und „Low-input“: 0,37 dt/ha/Jahr) deutet auf eine signifikante Verbesserung von Resistenzen gegen Pilzinfektionen hin.

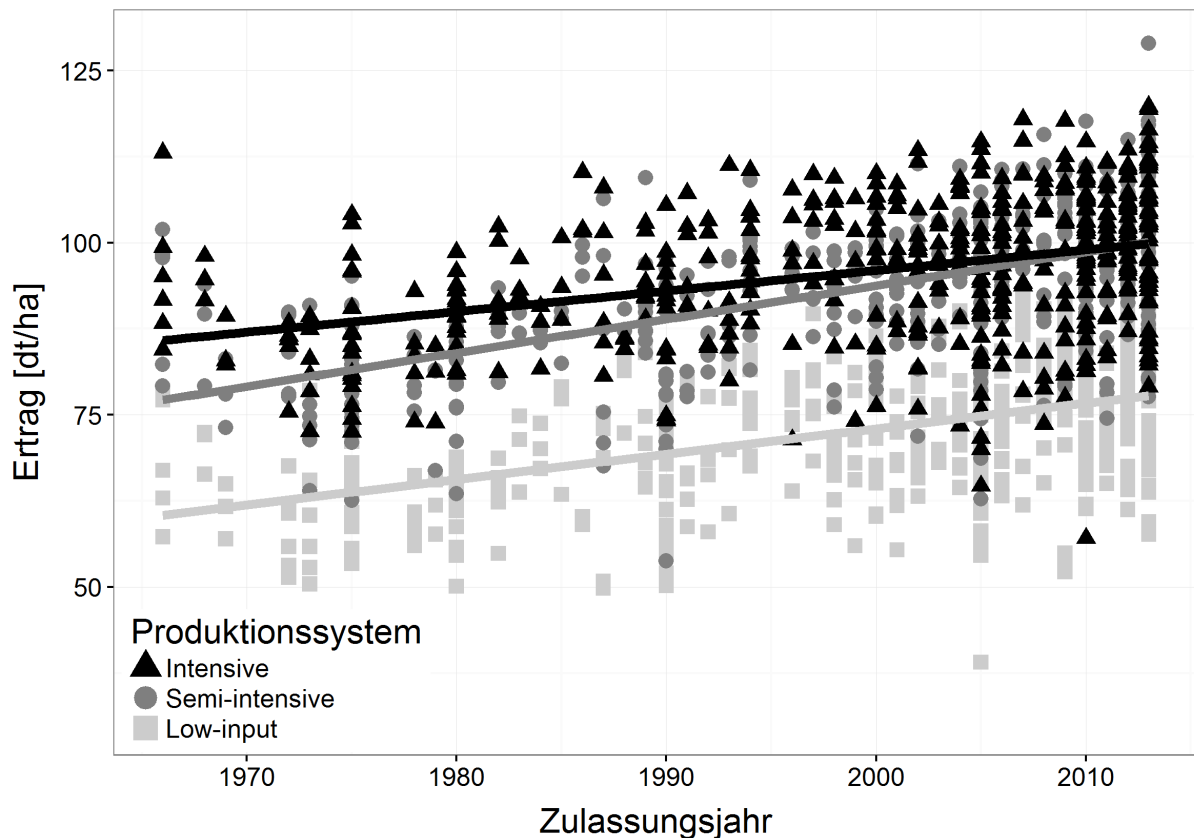


Abb. 1: Ertrag der Weizengenotypen nach ihrem Zulassungsjahr im Versuchsjahr 2014/2015.

Auch der Harvest Index stieg mit dem Zulassungsjahr von 0,48 auf 0,53 an („intensive“), allerdings mit geringerer Zunahme in späteren Jahren.

Der Harvest Index nahm mit der Anbauintensität zu. Der größte Effekt ist dabei auf die Stickstoffdüngung zurückzuführen. In allen drei Intensitäten zeigten Harvest Index und der Druschertrag eine enge positive Korrelation.

Erste Auswertungen der LAI2000-Messungen zeigen signifikante genotypische Unterschiede zu allen Terminen im GAI und Blattstellungswinkel.

Bei den Untersuchungen im Herbst 2015 variierte das Phyllochron der Genotypen von 65 bis 110 Gradtagen bei einer Basistemperatur von 2°C. Diese Unterschiede ließen sich im Frühjahr 2016 jedoch nicht reproduzieren. Möglicherweise spielen dabei Unterschiede in der Tageslänge und der Einfluss der Bodentemperatur eine Rolle.

Literatur

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

Jackson, R.D., Kustas, W.P., Choudhury, B.J., 1988. A Reexamination of the Crop Water Stress Index. *Irrigation Science* 9, 309-317.

Müller, K., Böttcher, U., Meyer-Schatz, F., Kage, H., 2008: Analysis of vegetation indices derived from hyperspectral reflection measurements for estimating crop canopy parameters of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Biosystems Engineering* 101: 172-182.

Welche Sorteneigenschaften bestimmen den Ertrag: Zweijährige Untersuchungen an einem Set aktueller Weizensorten

Till Rose, Pit Hansen und Henning Kage

Christian-Albrechts-Universität zu Kiel. E-Mail: rose@pflanzenbau.uni-kiel.de

Einleitung

Der genetische Ertragsfortschritt bei Winterweizen kann in langen Phasen des 20. Jahrhunderts fast ausschließlich durch eine Erhöhung des Harvestindex erklärt werden (Slafer & Andrade 1991). Im aktuellen Sortenspektrum lassen aber hohe Harvestindizes erwarten, dass bei dieser Einflussgröße das physiologisch Mögliche weitestgehend ausgeschöpft ist (Parry et al. 2011).

Wie kommen weiter vorhandene Ertragsunterschiede unter modernen Sorten zustande? Hierfür wird ein Set verschiedener Winterweizen-Genotypen auf unterschiedlichen Skalenniveaus ertragsphysiologisch beschrieben, um den aktuell stattfindenden Ertragsfortschritt zu verstehen und züchterische Potenziale abzuschätzen.

Material und Methoden

Die Feldexperimente wurden in den Erntejahren 2014 und 2015 auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel durchgeführt. Angebaut wurden 9 Winterweizen-Sorten bzw. Hybridkomponenten in vierfacher Wiederholung. Das Management umfasste: 80/80/60 kg N ha⁻¹, Fungizide und Wachstumsregulatoren. Die Parzellen wurden zur Kornreife, Blüte und an drei (2014) bzw. vier (2015) vorgelagerten Terminen beprobt.

Der Blattflächenindex (*LAI*) wurde in beiden Versuchsjahren an 7 Terminen nicht-destruktiv bestimmt. Der erste Termin wurde jeweils mit einem fotografischen Verfahren ermittelt, an allen weiteren Termine wurden die Blattflächenindizes mit den Messgeräten LAI-2000 bzw. LAI-2200 (LiCor) bestimmt. Diesen Messungen wurden zusätzlich die DIFN-Werte (Transmission der diffusen Einstrahlung) entnommen, um mittlere Extinktionskoeffizienten (*k*) für die einzelnen Messtage zu bestimmen. Die Variablen *LAI* und *k* wurden über die Anbauzeit interpoliert und unter der Hinzunahme von Wetterdaten eine temperaturgewichtete Strahlungsaufnahme errechnet. Die Lichtnutzungseffizienz ergibt sich durch die Anpassung eines linearen Modells (Achsenursprung) über alle Wertepaare Strahlungsaufnahme-Trockenmasse bis zur Blüte.

Ergebnisse und Diskussion

Neben weiterhin vorhandenen Unterschieden bezüglich des Harvestindex (Korn-ertrag ~ Harvestindex; r^2 von 0.658) zeigt sich im untersuchten Weizensorten-Set eine starke Abhängigkeit des Kornertrages von der Gesamtbiomasse (siehe Abbildung 1). Diese Differenzen in der finalen Biomasse kommen im Wesentlichen durch Unterschiede in der Aufrechterhaltung der Biomasseproduktion nach der Blüte (Biomasse ~ TM Ernte/TM Blüte; r^2 von 0.479) und der Lichtnutzungseffizienz (TM Blüte ~ Lichtnutzungseffizienz; r^2 von 0.893) zustande.

Keiner der Genotypen erreicht die höchsten Werte bei allen Parametern (siehe Tabelle 1).

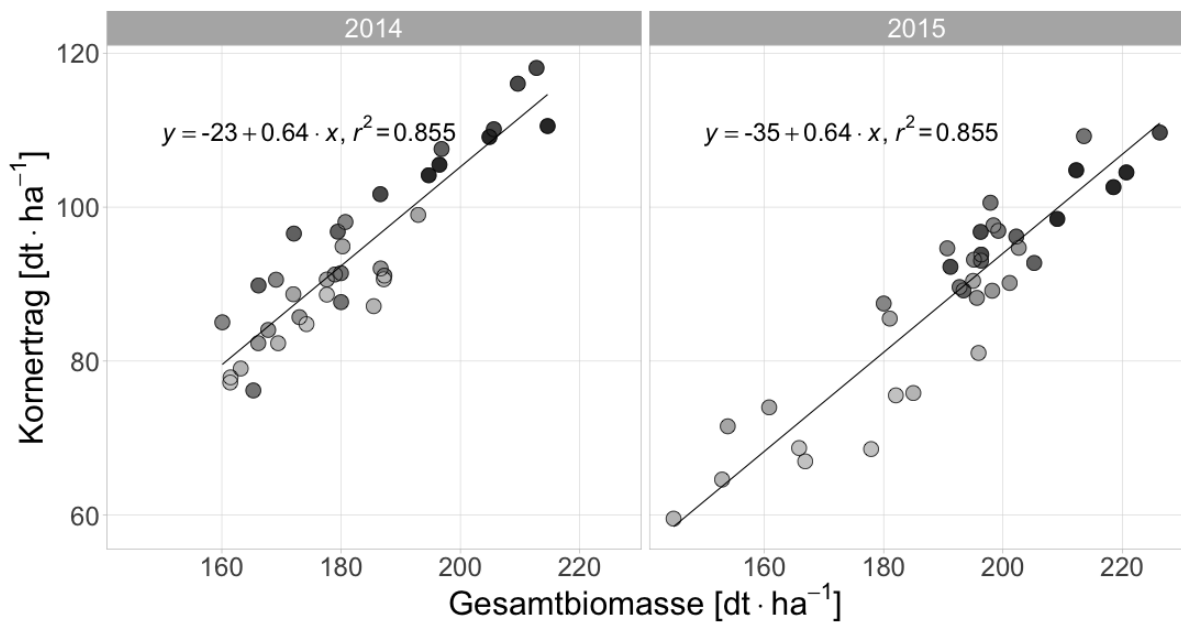


Abb. 1: Beziehung zwischen Gesamtbiomasse und Kornertrag in den Jahren 2014 und 2015. Graustufen entsprechen unterschiedlichen Genotypen. Signifikant unterschiedlicher Intercept zwischen den Jahren.

Tab. 1: Über beide Versuchsjahre gemittelte Strahlungsaufnahme (Q in MJ m⁻²), Lichtnutzungseffizienz (LUE in g MJ⁻¹), Verhältnis der Trockenmasse zur Ernte und Trockenmasse zur Blüte, Harvestindex (HI) und Kornertrag (Y in dt ha⁻¹). Zahlen in Klammern⁽ⁱ⁾ bezeichnen den Rang der Sorten in den jeweiligen Spalten.

Sorte	Q	LUE	TM Ernte/TM Blüte	HI	Y
'Anapolis'	634.08 ⁽¹⁾	2.37 ⁽⁴⁾	1.50 ⁽²⁾	0.50 ⁽⁴⁾	104.96 ⁽¹⁾
'Hybery'	611.90 ⁽⁷⁾	2.34 ⁽⁵⁾	1.54 ⁽¹⁾	0.52 ⁽¹⁾	104.81 ⁽²⁾
'Sur.99820'	624.23 ⁽³⁾	2.22 ⁽⁷⁾	1.49 ⁽⁴⁾	0.51 ⁽³⁾	95.24 ⁽³⁾
'Solehio'	625.07 ⁽²⁾	2.39 ⁽²⁾	1.34 ⁽⁷⁾	0.49 ⁽⁶⁾	92.84 ⁽⁴⁾
'Dekan'	616.55 ⁽⁵⁾	2.28 ⁽⁶⁾	1.38 ⁽⁶⁾	0.51 ⁽²⁾	92.24 ⁽⁵⁾
'Toras'	611.72 ⁽⁸⁾	2.20 ⁽⁹⁾	1.50 ⁽³⁾	0.47 ⁽⁷⁾	88.29 ⁽⁶⁾
'Piko'	609.28 ⁽⁹⁾	2.21 ⁽⁸⁾	1.46 ⁽⁵⁾	0.49 ⁽⁵⁾	86.83 ⁽⁷⁾
'Brilliant'	613.34 ⁽⁶⁾	2.46 ⁽¹⁾	1.27 ⁽⁸⁾	0.45 ⁽⁸⁾	77.52 ⁽⁸⁾
'Norin'	620.09 ⁽⁴⁾	2.39 ⁽³⁾	1.25 ⁽⁹⁾	0.45 ⁽⁹⁾	76.04 ⁽⁹⁾
Max:	634.08	2.46	1.54	0.52	123.82
Min:	609.28	2.20	1.25	0.45	75.01

Literatur

Parry, M. A. J., Reynolds, M., Salvucci, M. E., Raines, C., Andralojc, P. J., Zhu, X.-G., et al. (2011). Raising yield potential of wheat. II. Increasing photosynthetic capacity and efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 62, 453–46.

Slafer, G. A., & Andrade, F. H. (1991). Changes in physiological attributes of the dry matter economy of bread wheat (*Triticum aestivum*) through genetic improvement of grain yield potential at different regions of the world. *Euphytica*, 58, 37–49.

QTL-basierte Modellierung der Blühinduktion von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis*)

Arne Rosen¹, Yaser Hasan² und Ralf Uptmoor¹

¹ Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock

² Institut für gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover

E-Mail: arne.rosen@uni-rostock.de

Einleitung

Die Dauer bis zur Reife des Blumenkohls (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) ist ein temperaturabhängiger Prozess, wobei das Temperaturoptimum für die Blühinduktion der meisten Sommersorten bei 15 °C liegt, während Temperaturen über 20 °C den Erntezeitpunkt verzögern. Warme Temperaturen führen zu langen Erntefenstern mit mehrfachen Erntedurchgängen desselben Felds und erhöhen somit den Arbeitsaufwand für die Anbauer (Wiebe, 1980). Phänologiemodelle können hilfreich sein, um die Ungewissheiten bei der Dauer bis zur Erntereife zu handhaben (Jensen & Grevsen, 2005). Das hier vorgestellte QTL-basierte Modell soll es ermöglichen, den Beginn des Kopfwachstums innerhalb einer Kreuzungspopulation zu simulieren.

Material und Methoden

Das verwendete Pflanzenmaterial bestand aus einer Population mit 265 doppelt-haploiden (DH) Linien, die aus einer Kreuzung zweier homozygoter Eltern hervorgegangen sind. 180 Linien wurden für die Parametrisierung des Modells genutzt und 72 dienten der Validierung. Das Pflanzenmaterial wurde durch SYNGENTA Seeds B.V., Enkhuizen, Niederlande zur Verfügung gestellt. Die Modelparametrisierung basierte auf den von Hasan et al. (2016) beschriebenen Gewächshausversuchen, in denen der Parametrisierungssatz auf sieben verschiedenen, konstanten Temperaturstufen zwischen 11,8 und 27,0 °C getestet wurde. Dabei wurden die Zeit bis zur Blühinduktion und die Blatterscheinungsrate (*LAR*) erfasst. Zur Validierung wurde 2013 ein Feldversuch in Rostock durchgeführt, und es wurden Daten aus Ruthé (2013), Zeewolde, Niederlande (2011 und 2012) und Ócsa, Ungarn (2011 und 2012) herangezogen, in denen die Zeit bis zur Blühinduktion bzw. bis zur Ernte ermittelt wurde. Das Phänologiemodell unterteilt die Entwicklung des Blumenkohls in eine Jugend- und eine Vernalisationsphase. Es wird angenommen, dass die Pflanzenentwicklung zunächst entsprechend der Temperatursummen-Regel abläuft, und dass die Jugendphase bei allen Genotypen mit sieben sichtbaren Blättern endet (Booij & Struik, 1990), während *LAR* und ihr Kehrwert, das Phyllochron (*P*) genotypabhängig sind. Die spezifische Temperatursumme für den Phasenübergang (TS_f) berechnet sich wie folgt: $TS_f = 7 \times P$. Im Modell wird genetische Variation für die Temperaturreaktion ab dem Ende der Jugendphase bis zur sichtbaren Blühinduktion (Kopfdurchmesser > 1 cm) angenommen. Aufgrund der Ergebnisse aus sieben verschiedenen Temperaturbedingungen, kann der Zusammenhang zwischen Temperatur und Temperatursumme bis zur Blühinduktion mittels linearer Regression vereinfacht beschrieben werden. Dabei entspricht der Achsenabschnitt (T_0) der extrapolierten (theoretischen) minimalen Temperatursumme und die Steigung (*S*) der Temperatursensitivität. Tägliche Entwicklungsraten k_{ij} für Tag *i* und Linie *j* wurden mithilfe der Tagesdurchschnittstemperaturen berechnet: $k_{ij} = T_i / (T_i \times S_j + T_{0j})$. Die täglichen

Raten k_{ij} wurden aufsummiert; wenn das kumulierte $k_j \geq 1$ war, galt die vegetative Phase als beendet und die Kopfentwicklung begann. Für die Modellparameter LAR , S und T_0 wurden QTL-Analysen mit dem Programm plabQTL 1.2 (Utz & Melchinger, 1998) durchgeführt. Dazu wurde die DH-Population zuvor mit 176 SNP-Markern genotypisiert. Der LOD-Score wurde für alle QTL-Analysen auf 2,5 festgelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Die für die Blühinduktion erforderliche Temperatursumme erhöhte sich mit steigenden Durchschnittstemperaturen und die Populationsmittel lagen zwischen 1462 und 2370 °Cd. S lag für die einzelnen Linien zwischen 4,2 und 106,0 und im Mittel bei 50,0. S und T_0 waren negativ korreliert. Im Mittel betrug T_0 631 °Cd. Die QTL-Analysen ergaben zehn QTL für LAR , fünf für S und zwei für T_0 . Diese zeigten viele Übereinstimmungen mit den von Uptmoor et al. (2008) für ähnliche Merkmale bei Brokkoli gefundenen QTL. Mithilfe der QTL-Effekte konnten die Modellparameter auch für die Linien des Validierungssatzes geschätzt werden. Zunächst wurde das Modell jedoch auf die Parametrisierungsversuche angewendet. Unter Verwendung der Originalparameter ergab sich dabei ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß zwischen simulierten und gemessenen Werten ($R^2 = 0,96$), welches sich durch Einsetzen der QTL-Effekte auf $R^2 = 0,42$ verringerte. Die Genauigkeit ist damit vergleichbar mit der ähnlicher QTL-basierter Modelle für andere Kulturen (z.B. Yin et al, 2005). Die Simulation des Validierungssatzes zeigte, dass auch unabhängige Linien relativ genau vorhergesagt werden konnten – das mittlere Bestimmtheitsmaß der einzelnen Versuche lag zwischen 0,42 und 0,51. Weiterhin wurden auch F1-Hybride der Linien des Validierungssatzes simuliert und verhältnismäßig gute Vorhersagen erreicht ($R^2 = 0,40$). Alternativ wurden die genetischen Effekte mittels genomischer Selektion geschätzt. Die Vorhersagen des Modells für das Validierungsset konnten dadurch um durchschnittlich 10,3 % verbessert werden. In Zukunft könnte das Modell durch die Implementierung genotyp-spezifischer Terminierung der Jugendphase und Simulation der Kopfentwicklung verbessert und erweitert werden.

Literatur

- Booij, R. & Struik, P. C., 1990. Effects of temperature on leaf and curd initiation in relation to juvenility of cauliflower. *Scientia Horticulturae* 44(3-4), 201-214.
- Hand, D. J. & Atherton, J. G., 1987. Curd Initiation in the Cauliflower. *J. Exp. Bot.* 38(12), 2050-2058.
- Hasan, Y., Briggs, W., Matschegewski, C., Ordon, F., Stützel, H., Zetsche, H., Groen, S. & Uptmoor, R., 2016. Quantitative trait loci controlling leaf appearance and curd initiation of cauliflower in relation to temperature. *Theor. Appl. Genet.* 129:1273-88
- Jensen, A. L. & Grevsen, K., 2005. Web-Based Harvest Forecast of Cauliflower for the Agri-Food-Chain. *Acta Horticulturae* (674), 329-335.
- Uptmoor, R., Schrag, T., Stützel, H. & Esch, E., 2008. Crop model based QTL analysis across environments and QTL based estimation of time to floral induction and flowering in *Brassica oleracea*. *Mol. Breeding* 21(2), 205-216.
- Utz, H. F. & Melchinger, A. E., 1996. PLABQTL: A program for composite interval mapping of QTL. *J. Quant. Trait Loci*, 2(1), 1-5.
- Wiebe, H. J., 1980. Production of cauliflower for continuous supply of the market during the harvest season. *Gartenbauwissenschaft* 45(6), 282-288.
- Yin, X., Struik, P. C., van Eeuwijk, Fred A., Stam, P. & Tang, J., 2005. QTL analysis and QTL-based prediction of flowering phenology in recombinant inbred lines of barley. *J. Exp. Bot.* 56(413), 967-976.

Leaf inclination distribution in amaranths (*Amaranthus* spp L.)

Mildred Osei-Kwarteng, Dany Pascal Moualeu and Hartmut Stützel

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

Introduction

The orientation of a leaf in a canopy is characterised by the azimuth and inclination angles which determine the amount of light received in the canopy (de Wit, 1965). Leaf orientation is an important architectural parameter because the radiation intercepted by the leaf depends on the angle between leaf normal and the beam direction (the area projected by the leaf onto a horizontal plane; Pisek *et al.* 2011; Sinoquet and Andrieu 1993). Some studies have shown that leaves within a canopy do not have a preferred azimuth direction hence leaf orientation is mostly described by the cumulative frequency distribution of their inclinations (de Wit, 1965). The leaf inclination angle (LI) is the angle between the leaf surface normal and the vertical axis and ranges between 0° (horizontal leaves) and 90° (vertical leaves) (Sinoquet and Andrieu 1993). LI can vary spatio-temporally due to genetic variability and environmental factors such as light, water and nutrient supply (Müller-Linow *et al.* 2015.) Mean LI of a canopy describes the canopy with the assumption that leaves are equally inclined without dispersion around the mean value. Although such a description is useful, it should be noted that it overestimates the effect of leaf orientation on radiative exchanges (Sinoquet and Andrieu 1993). Some standardised classification LI distributions are: planophile (more horizontal leaves), erectophile (more vertical leaves), plagiophile (more oblique leaves) and extremophile leaves are least frequent at oblique angles (Sinoquet and Andrieu 1993). This study aimed at investigating the LI at three stages after seedling emergence (DAE; 20, 27 & 38) for four amaranth species. We hypothesised that LI is dependent on genotype and developmental stage in a given environmental condition.

Materials und Methods

Leaf inclination distribution of four amaranth (*A.hybridus*, *A.dubius*, *A.cruentus* and *A.hypochondriacus*) species were determined at 20, 27 & 38 DAE at the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University of Hannover (lat.52°23'N, long. 9°41' E). The experiment was set up as a randomised complete block design with three replicates. Plants were sown in 10L pots of sand (1S) and potground (2PG) mixture. A three dimensional (3D) digitiser (Polhemus, VT, USA) was used to acquire the 3D coordinates of the plants. The leaf midrib was digitised with three points; (1) the point of attachment of the lamina base to the petiole, (2) the midpoint of the lamina with reference to widest section of the lamina and, (3) the tip of the lamina. The leaf inclination angle was estimated by calculating a 3D vector from the 3D coordinates of the points (1) and (3). The 3D vector was normalised by dividing by its length. LI was calculated as the Arc cosine (inverse cosine; \arccos) of the normalised z coordinate. The calculated LIs ranged from zero degrees (vertical axis) to 180° and it was set to the horizontal (90°) by subtracting calculated values which were more than 90° from 180°. Thus in this convention the horizontal is 90° and the vertical, zero degrees. LIs from the three replicates were pooled for each specie, divided into classes at 5° increments and counts were made for each class. Frequencies in each

class were divided by the total frequency after which the frequencies were cumulated. A two way analysis of variance was conducted using the general linear model procedure in SAS version 9.0 (2003). Mean comparison test was done using the the least square means procedure.

Results and Discussion

There was an interaction between genotypes and DAE ($P \leq 0.01$). Only *A.hybridus* showed differences in LI with developmental stage. Mean comparison at 20 DAE, showed that LI of *A. hypochondriacus* was lower (less horizontal) than *A.cruentus* and similar to *A.hybridus*. At 27 DAE, the mean LI of of all the species were similar. At 38 DAE, *A.dubius* and *A.hypochondriacus* were more similar in LI whiles *A.hybridus* and *A.cruentus* also showed similarities. The mean LIs for the genotypes at 20, 27 and 38 DAE suggest that *A. hypochondriacus* and *A.dubius* developed towards more horizontal leaves. The present observation confirms that depending on the species and the environment, LI distribution can be stable or may change at developmental stages (de Wit, 1965). Due to the sun's position at the measurement date, latitude of the study location and leaf area index, a more horizontal or erect canopy may influence the productivity of the species (Raabe *et al.* 2015).

Literature

- de Wit C.T. 1965. Photosynthesis of leaf canopies. Agricultural Research Report. 663 Wageningen.
- Müller-Linow M, Pinto-Espinosa F, Scharr H, Rascher U. 2015. The leaf angle distribution of natural plant populations: Assessing the canopy with a novel software tool. *Plant Methods* 11, 11.
- Raabe K, Pisek J, Sonnentag O, Annuk K. 2015. Variations of leaf inclination angle distribution with height over the growing season and light exposure for eight broadleaf tree species. *Agricultural and Forest Meteorology*, 2–11.
- Sinoquet, H., Andrieu, B. 1993. The geometrical structure of plant canopies: characterization and direct measurement methods. In: C. Varlet-Grancher , R. Bonhomme , H. Sinoquet , *Crop structure and light microclimate* (p. 131-158). Paris, FRA:INRA<http://prodinra.inra.fr/record/99604>.

Sechs Jahre ISIP Düngeempfehlungsmodell für Winterweizen

Arne M. Ratjen¹, Eric Reinsdorf² und Henning Kage¹

¹ CAU Kiel, Institut f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung. E-Mail: ratjen@pflanzenbau.uni-kiel.de

² Landwirtschaftskammer Niedersachsen Fachbereich Pflanzenbau, Saatgut

Einleitung

Die Nitrat-Belastung vieler Grundwasserkörper in Deutschland ist nach wie vor problematisch. Positive Bilanzüberhänge beim Anbau von Winterweizen haben hieran einen Beitrag (Avenhaus und Blumöhr, 2011). Die Ausschöpfung des standortspezifischen Wertschöpfungspotentials und die Reduktion der N-Bilanzüberhänge (N-Düngung minus N-Abfuhr) im Rahmen der betrieblichen N-Bilanzierung bilden ein Spannungsfeld, in welchem der Landwirt jährlich eine schlagbezogene Entscheidung treffen muss. Zu diesem Zweck ist auf der Beratungsplattform ISIP (www.isip.de) eine Entscheidungshilfe implementiert worden, welche die vorhandenen Schlag-, Management-, Klima- und Standortinformationen verknüpft (Ratjen, 2012). In Bezug auf die standortspezifische N-Nachlieferung des Bodens war das Modell zunächst nur an norddeutsche Klimaverhältnisse angepasst. In den Jahren 2013/14 erfolgte eine bundesweite Datensammlung, wobei N-Steigerungsversuche ausgewertet wurden, um diese Größe mittels eines statistischen Modells besser beschreiben zu können. Die Neuerungen sind seit der Saison 2015 implementiert. Da die schlagspezifische mittlere N-Aufnahme in der Regel bekannt ist, bildet die jahresspezifische Variabilität bei N-Aufnahme und N-Nachlieferung die eigentliche Herausforderung. Die jahresspezifische Anpassung der N-Düngermenge beruht im vorgestellten Ansatz auf einer dynamischen Simulation der Ertragsbildung des Weizens, sowie des Wasser- und Stickstoffhaushalts des Bodens.

Material und Methoden

Inputgrößen des Modells sind neben Klima und Witterung der N_{\min} -Wert im Frühjahr (0-90 cm), der erwartete N-Entzug (Ertrag und Proteingehalt der letzten 5 Jahre), Vorfrucht, Bodenzahl, Aussaatdatum und Aussaatstärke sowie einige weitere Schlag- und Managementinformationen, welche dem Landwirt bekannt sind.

Das Tool basiert auf einem Bilanz-Ansatz, wobei das mechanistische Pflanzen-Boden-Modell *HumeWheat* (Ratjen und Kage, 2015) genutzt wird, um einzelne Bilanzgrößen jahresspezifisch anzupassen. Zu diesem Zweck wird aktuelles und standorttypisches Referenzwetter genutzt, um durch Projektion- und Referenzrechnungen relative Prognosen abzuleiten.

In den letzten 6 Jahren wurde das Tool durch die LWK Niedersachsen an fünf Standorten im Düngesystem-Vergleich getestet (Referenz: N_{\min} -Sollwertdüngung der Kammer).

Eine weitere Evaluierung erfolgte mittels N-Steigerungsversuche (n=72) aus sieben Bundesländern in den Jahren 2011-2014 (Reinsdorf et al., 2016). An die Versuchsdaten wurden N-Responsekurven für Ertrag und Rohproteinkonzentration angepasst. Für die Auswertungen wurde die Online-Version des Modells genutzt, wobei die verfügbare Witterung auf Ende Mai (Qualitätsgabe) begrenzt wurde. Die Düngeempfehlung der jeweiligen Landesdienststelle diene als „best practice“

Referenz. Dabei handelt es sich um das an die jeweiligen Standorte anhand langjähriger Erfahrungen und unter Berücksichtigung aller Schlaginformationen aus dem Versuchswesen der Officialberatung angepasste optimale N-Angebot. Es handelt sich daher um eine sehr „harte“ Referenz für ein vereinheitlichtes und automatisiertes Düngesystem.

Bewertungskriterien waren N-kostenfreie Leistung (NKFL), N-Düngermenge und N-Saldo (N-Zufuhr abzüglich N-Abfuhr durch das Korn). Für eine robuste monetäre Bewertung wurden verschiedene Preisszenarien gerechnet. Neben dem Weizenpreis wurde auch die Proteinsensitivität des Weizenpreises variiert.

Ergebnisse und Diskussion

Im Düngesystem-Vergleich (LWK NI, 2010-14) zeigte das Modell leicht erhöhte NKFL (+66 €/ha), gleichzeitig war der N-Input der Modellvariante im Vergleich zur Referenz um 6 kg N/ha reduziert.

In Bezug auf NKFL ergab die Auswertung mittels N-Responsekurven über alle 72 Versuche keinen Unterschied zwischen den Düngesystemen. Allerdings war der N-Input der Modell-Variante im Mittel um 8 kg N/ha reduziert. Das N-Saldo war ebenfalls reduziert (-7 kg N/ha), wobei auch die Standardabweichung des N-Saldos bei der Modellvariante deutlich niedriger war (-8.5 kg N/ha).

Die gewählte Referenz zum Modell war "best practice", was sich auch an den niedrigen N-Salden (+10.8 kg N/ha) zeigte. Trotzdem konnte der N-Bilanzüberhang durch das Modell weiter gesenkt und stabilisiert werden.

Fazit:

Durch die Kombination von Bilanzansatz und Pflanze-Boden-Modell kann die N-Düngerbedarfsermittlung verfeinert werden. Probleme ergeben sich allerdings bei fehlerhaften Wetterdaten oder wenn die vom Benutzer eingegebenen Produktionsziele unrealistisch sind.

Literatur

- Avenhaus, W., Blumöhr, T., 2011. Testerhebung zum Einsatz von Düngemitteln in der Landwirtschaft. Stat. Bundesamt Wirtsch. und Stat. 2/2011, p. 122 (www.destatis.de).
- Ratjen, A.M., 2012. Refined N-Fertilization of Winter Wheat: A model supported approach combining statistical and mechanistic components (Dissertation). University of Kiel (CAU), Kiel.
- Ratjen, A.M., Kage, H., 2015. Forecasting yield via reference- and scenario calculations. *Comput. Electron. Agric.* 114, 212 – 220.
doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.020>
- Reinsdorf, E., Baumgärtel, G., Ratjen, A.M., Kage, H., 2016. Online optimieren. DLG Mitteilung 3/16, N-Düngung p.20–22.

Agrarökologische Auswirkungen des Klimawandels auf den Anbau von Zuckerrüben

Pascal Kremer^{1,2}, Hans-Joachim Fuchs¹ und Christian Lang²

¹ Johannes Gutenberg-Universität, Geographisches Institut, Mainz

² Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Worms
E-Mail: Pascal.Kremer@gmx.de

Einleitung

Im Untersuchungsraum, dem Gebiet des Verbands der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., welches sich über die südlichen Landesteile von Rheinland-Pfalz und Hessen erstreckt, ist im Zeitraum 1901-2004 eine Temperaturerhöhung von 0,8°C feststellbar. Zudem ändert sich das Niederschlagsregime hin zu tendenziell trockeneren Sommern und feuchteren Wintern. Dies hat Auswirkungen auf den Zuckerrübenanbau. Der Faktor Jahreswitterung ist für mindestens 40-50% der interannuellen Ertrags- und Qualitätsschwankungen der Zuckerrübe verantwortlich.

Material und Methoden

Zur Abschätzung der im Zuge des rezenten Klimawandels bereits eingetretenen Auswirkungen auf die Jugendentwicklung der Zuckerrübe wurden die Feldbücher der ‚Arbeitsgemeinschaft Zuckerrübe Südwest‘ 1974-2014 hinsichtlich der Aussaat- (n=295), Feldaufgang- (FA; n=284) und Reihenschlusstermine (RS; n=32) ausgewertet. Für die Zeiträume zwischen Aussaat-FA sowie Aussaat-RS wurde auf Grundlage von interpolierten 1x1 km INTERMET Klimadaten die benötigte Temperatursumme zur Basistemperatur von 3°C ermittelt und ein Temperatursummenmodell erarbeitet.

Mithilfe des Prognosemodells CERCBET1 wurde eine Risikoanalyse hinsichtlich des zukünftigen räumlichen und zeitlichen Auftretens der Cercospora-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola*) auf 1% (Erstauftreten; CERCO1) und 50% (Aufruf zur Feldkontrolle; CERCO50) der Schläge im Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Ergebnisse des Befallsverlaufs wurden mit einem Blattwachstumsmodell abgeglichen, um mögliche Änderungen in der Rübe-Pathogen-Interaktion zu untersuchen.

Zur Folgenabschätzung des Rübenzystemnematoden (*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 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 betrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Der Aussaattermin hat sich im Feldversuchswesen im Zeitraum 1974-2014 tendenziell um 7,3 Tage vorverlagert, in einzelnen Praxisbetrieben sogar um 14 Tage, bei unveränderter interannueller Variabilität. Auch bezogen auf das Erreichen des FA und des RS konnte eine Vorverlagerung um 13 bzw. 13,5 Tage festgestellt

werden. Im Mittel wird FA nach 127°Cd, RS nach 783°Cd erreicht, was im Wertebereich vergleichbarer Untersuchungen liegt (HOFFMANN 1997). Die Dauer zwischen Aussaat und FA hat sich von 23,1 auf 16,4 Tage verkürzt. Diese Tendenzen sind auf die bereits feststellbare Temperaturerhöhung im Frühjahr, von welcher das Zuckerrübenwachstum speziell in der Vor- und Nachauflaufphase positiv beeinflusst wird, zurückzuführen. Auch für die Zukunft wird eine weitere Verfrühung des FA und RS bei gleichbleibender Spätfrostgefahr mit Vorverlagerung des Saattermins projiziert. Eine frühere Aussaat hat Vorteile für die Ertragsbildung der Zuckerrübe durch das frühere Erreichen des optimalen Blattflächenindex von 3,5.

Von steigenden Temperaturen profitieren jedoch auch Krankheiten und Schädlinge der Zuckerrübe. Für die Zukunft wird im Mittel eine Verfrühung des epidemiologischen Verlaufs der Cerospora-Blattfleckenkrankheit projiziert. In der nahen Zukunft wird CERCO1 im Mittel am 25. Juni, 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 bei Eintreten der zugrunde gelegten Modellannahmen erreicht. 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 möglicherweise auf im Mittel 4,8 Generationen ansteigt. Aufgrund der exponentiellen Zuwachsrates 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 an Bedeutung. Entscheidend ist die Sortenwahl (REUTHER 2015), speziell auch vor dem Hintergrund der in Zukunft in Fabriknähe zu erwartenden zunehmenden Anbaudichte im Zuge der Zuckermarktreform 2017. Unklar ist 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 Teilbereichen positiv, aber auch negativ beeinflusst werden. Aufgrund der hohen Komplexität der Zusammenhänge und der nicht absehbaren anbautechnischen sowie züchterischen Fortschritte sind bilanzielle Aussagen nicht möglich.

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.
- REUTHER, M. (2015): Nematoden: Wie gut sind tolerante Sorten? In: top agrar 10, 60-63.

Agronomische Effektivität von Phosphorressourcen

Theresa Gropp, Ralf Uptmoor und Bettina Eichler-Löbermann

Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität, Rostock
E-Mail: theresa.gropp@uni-rostock.de

Einleitung

Im Hinblick auf die Endlichkeit der vorhandenen, abbaufähigen Phosphor (P)-Reserven ist eine effiziente und nachhaltige Nutzung der vorhandenen P-Ressourcen unumgänglich. Das Recycling von organischen Rückständen, wie beispielsweise Kompost oder Stalldung, ist ein wichtiger Beitrag 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 Einzel- und Wechselwirkungen von organischen (Rinderdung, Biokompost) und mineralischen (TSP, Biomasseasche) Düngemitteln im Vergleich zu einer Kontrolle ohne P-Zufuhr, wurde im Jahr 1998 am Standort Rostock ein Feldversuch angelegt. Bei der Bodenart handelt es sich um einen lehmigen Sand und der Bodentyp wurde als Stagnic Cambisol (nach WRB) klassifiziert. Der Versuch wurde als eine randomisierte Streif-Spalt-Anlage mit vier Wiederholungen angelegt. Der initiale P-Gehalt (Doppellaktat) lag bei 4,2 mg P pro 100 g 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 (Tabelle 1). Seit Versuchsbeginn werden jährlich im Frühjahr und Herbst Bodenproben genommen und hinsichtlich der P-Pools sowie verschiedener chemischer und physikalischer Parameter analysiert. Dazu zählen unter anderem der Gehalt an pflanzenverfügbarem P (Doppellaktatmethode) sowie der Gehalt an oxalatlöslichem P, Al, Fe und Mn. Im Hinblick auf die aktive P-Mobilisierung durch Mikroorganismen werden zudem die mikrobielle Aktivität und die Aktivität der Phosphatasen gemessen sowie die Bodenbakteriengemeinschaft mittels der 16S rDNA DGGE Analyse untersucht. Neben den Bodenuntersuchungen werden jährlich der Ertrag und die Nährstoffaufnahme der Pflanzen ermittelt.

Tab. 1: P-Zufuhr bis zur Probenahme Herbst 2015

Düngung	P-Zufuhr bis Herbst 2015 (kg P ha ⁻¹)
ohne	0
Rinderdung	381
Bio-Kompost	393
TSP	378
Asche	348
Rinderdung/TSP	759
Rinderdung/Asche	729
Bio-Kompost/TSP	771
Bio-Kompost/Asche	741

TSP = Triplesuperphosphat

Ergebnisse und Diskussion

Zwei Jahre nach Versuchsbeginn zeigten sich bezüglich des pflanzenverfügbaren P im Boden geringfügige Unterschiede zwischen den Varianten, bei der sich die Kontrolle nur von den Kompostvarianten signifikant unterschied. Nach 14 Jahren Versuchsdauer wurde im Vergleich zum Versuchsbeginn jedoch eine deutliche Reduzierung (-10 mg P pro kg Boden) des pflanzenverfügbaren P in der Kontrolle festgestellt. Die Kontrolle wies dabei geringere Werte als alle anderen Düngevarianten auf. Der höchste Gehalt an pflanzenverfügbarem P wurde in der kombinierten Variante Kompost+TSP gemessen. In den Jahren 2013 und 2014 konnte ebenfalls eine signifikant höhere alkalische Phosphataseaktivität in den organisch und in den kombiniert gedüngten Varianten im Vergleich zu den rein mineralisch gedüngten Varianten und der Kontrolle gemessen werden (Tabelle 2). Dies ist auf die positive Wirkung der zugeführten organischen Substanz auf mikrobielle Umsetzungsprozesse im Boden zurückzuführen. Trotz der Unterschiede in den P-Pools des Bodens zeigte sich beim Pflanzenertrag nur teilweise ein Einfluss der verschiedenen Düngevarianten. So konnte im Jahr 2015 bei Sorghum kein signifikanter Effekt der Düngung auf den Ertrag ermittelt werden und der Maisertrag wurde im Vergleich zur Kontrolle ebenfalls nur von zwei der acht Düngevarianten signifikant erhöht. Diese geringen Ertragsunterschiede deuten auf die Fähigkeit von Pflanzen und Bodenmikroorganismen hin, sich an eine geringe P-Zufuhr mittels aktiver Mobilisierung der Bodenphosphorreserven anzupassen.

Tab. 2: Aktivitäten der alkalischen Phosphatase ($\mu\text{g p-NP gTS}^{-1}$) im Boden in den Jahren 2013 und 2014

Org. Düngung	Min. Düngung	2013			2014			Mittelwert	
ohne	ohne	35,8	a	B	27,2	a	A	31,5	a
	TSP	34,6	a		30,1	a		32,3	a
	Asche	34,4	a	B	27,8	a	A	31,0	a
Rinderdung	ohne	48,8	bc	B	38,2	bc	A	44,4	bcd
	TSP	42,4	b	B	36,6	b	A	39,6	b
	Asche	44,2	b		37,4	bc		41,7	bc
Bio-Kompost	ohne	52,4	cd		42,7	c		47,5	cd
	TSP	57,3	d	B	41,6	bc	A	49,4	d
	Asche	46,4	b		43,3	c		44,9	bcd
Mittelwert		44,0		B	36,3		A		

Org = Organisch, Min = Mineralisch; Großbuchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Jahren und Kleinbuchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

Das BONARES-Projekt InnoSoilPhos (FZK 031A558) wird vom BMBF gefördert.

Potenzielle Wirkung von Unkräutern auf die P-Mobilisierung unter Mais

Anika Zacher^{1,2}, Christel Baum¹, Friederike de Mol², Bärbel Gerowitt²,
Klaus Dehmer³ und Andreas Graner³

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

Phosphor (P) ist ein essentielles Makronährelement der Pflanzen. Gegenwärtig wird die P-Versorgung von Kulturpflanzen vorwiegend über mineralische P-Dünger gewährleistet. Die natürlichen P-Ressourcen sind jedoch begrenzt (z.B. *Dawson und Hilton*, 2011), weshalb die P-Ressourcen des Bodens möglichst effizient genutzt werden sollten (*Simpson et al.*, 2011).

Die Effizienz der P-Mobilisierung ist wesentlich von den 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 wurde bisher wenig untersucht, obwohl bei zahlreichen Arten aufgrund der hohen Konkurrenzkraft im Bestand sehr effiziente P-Mobilisierungsstrategien erwartet werden können, deren Wirkung auch für die Kulturpflanze relevant sein könnte. Daher wurde in der vorliegenden Studie die P-Mobilisierung von Unkräutern unter der Modellpflanze Mais untersucht und ihre Wirkung auf die P-Versorgung der Modellpflanze geprüft.

Material und Methoden

Zur Untersuchung des unkrutartspezifischen Einflusses auf die P-Mobilisierung unter Mais wurde im Juli 2015 ein Gefäßversuch 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 ein schwach lehmiger Sand (pH (CaCl₂) = 6,3; P_{total} = 470 mg kg⁻¹). Die Probenahme aus 0-10 cm Bodentiefe erfolgte mit einem Bohrstock (3 cm Durchmesser) zu drei unterschiedlichen Zeitpunkten.

Untersucht wurden Erträge und Nährstoffgehalte von Mais, sowie bodenbiologische und -chemische Parameter mit Bezug zur P-Mobilisierung.

Ergebnisse und Diskussion

Generell wurden signifikant niedrigere Trockenmasseerträge von Mais in Anwesenheit der Unkräuter gemessen. Die Anwesenheit von Unkräutern führte zu einer erhöhten Mykorrhizierungsrate von Mais.

Weiterhin stieg die Aktivität extrazellulärer 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. In der vorliegenden Untersuchung wurden sowohl zum Zeitpunkt der zweiten, als auch zum Zeitpunkt der dritten Probenahme signifikant höhere Aktivitäten der alkalischen Phosphatasen in Anwesenheit von verschiedenen Unkräutern ermittelt (Abb. 1). Als Ursache wird erhöhter P-Bedarf angenommen.

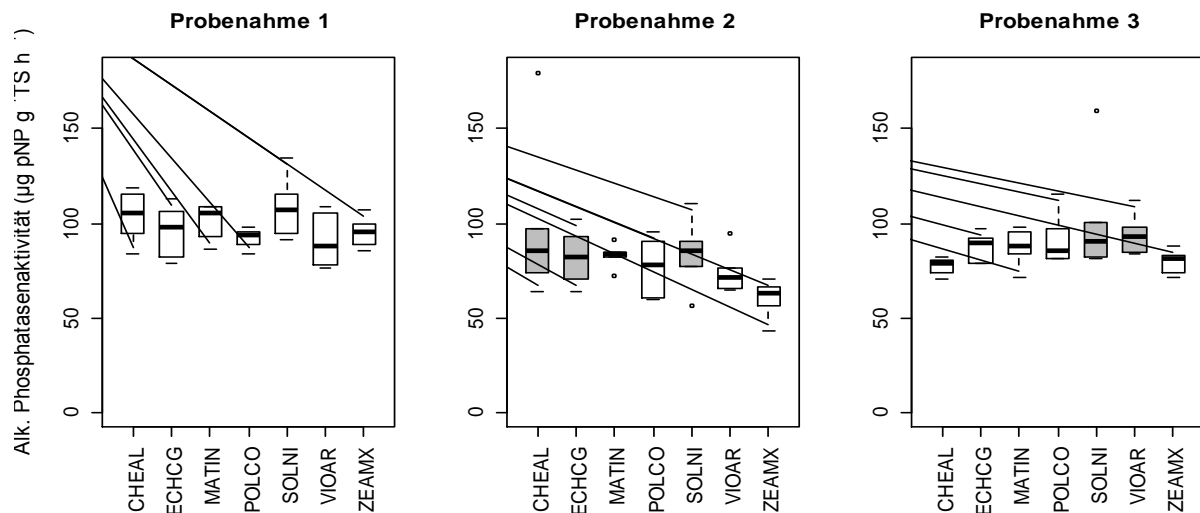


Abb. 1: Alkalische Phosphatasenaktivität unter Mais allein und in Kombination mit Unkräutern in einem Gefäßversuch unter Halbfreilandbedingungen im Juli 2016, (CHEAL: *Weißer Gänsefuß*, ECHCG: *Hühnerhirse*, MATIN: *Geruchlose Kamille*, POLCO: *Windenknöterich*, SOLNI: *Schwarzer Nachtschatten*, VIOAR: *Ackerstiefmütterchen*, ZEAMX: *Mais*(Kontrolle), grau hervorgehobene Varianten unterscheiden sich signifikant von der Kontrolle (ZEAMX))

Auch der Gehalt an pflanzenverfügbarem P im Boden wurde durch die Anwesenheit verschiedener Unkräuter erhöht. Pflanzen nutzen unterschiedliche P-Mobilisierungsstrategien, um sich im Boden gespeicherten Phosphor verfügbar zu machen. Um die unkräuterartspezifischen P-Mobilisierungsstrategien zu erfassen und ihre Nutzbarkeit für Kulturpflanzen zu prüfen, bedarf es weiterer Untersuchungen.

Danksagung

Besonderer Dank gilt dem Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung Rostock für die Finanzierung dieses Projektes.

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 Dmsb, 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.

Erprobung und Umsetzung von Maßnahmen zur Minderung der Nitratausträge in Gerste, Weizen und Mais mit dem Schwerpunkt „teilflächenspezifische Stickstoffdüngung“

Josef Prücklmaier, Kurt-Jürgen Hülsbergen und Franz Xaver Maidl

Lehrstuhl für ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/Technische Universität München, Freising; E-Mail: josef.pruecklmaier@tum.de

Einleitung

Landwirtschaftliche Flächen weisen oft eine ausgeprägte Heterogenität der Böden auf. Übergänge innerhalb eines Feldes von lehmiger Braunerde bis hin zu kiesigen Auflagen sind dabei keine Seltenheit. Die Flächen in der Praxis werden dabei meist einheitlich gedüngt. Dies kann zu einer Über- bzw. Unterversorgung von Pflanzen und einer niedrigeren N-Effizienz führen (Griepentrog und Kyhn, 2000; Rattan und Stewart, 2015). Besonders schwierig zu bewerten ist der N-Gehalt von organischen Düngern und die anschließend zu applizierende mineralische Folgedüngung. Um die N-Effizienz von organischen und mineralischen Düngern zu verbessern und teilflächenspezifische Düngung zu ermöglichen wurde ein multispektrales, traktorgetragenes Sensorsystem entwickelt. Durch die Verwendung von Algorithmen kann die benötigte Menge an Dünger je nach Teilfläche und Kultur bestimmt werden.

Material und Methoden

In dem Forschungsprojekt wurden sechs landwirtschaftliche Flächen (zwei Weizen, zwei Gerste, zwei Mais) in Hoch- bzw. Niedrigertragszone unterteilt. Für jedes Feld und jede Ertragszone wurde ein Stickstoffsteigerungsversuch mit einem Umfang von 320 Parzellen (1,5 m x 10 m) durchgeführt. Dabei wurden 20 Dünge­stufen von 0 kg N/ha bis 210 kg N/ha und mit bzw. ohne organische Andüngung (Schweinegülle) angelegt. Zu verschiedenen EC-Stadien wurden alle Parzellen mit dem Sensorsystem gemessen. Anschließend wurden Pflanzenreihen geschnitten, um labortechnische Vergleichsanalysen durchzuführen. Auf Grundlage von diesen Daten wurden Algorithmen entwickelt (Strenner und Maidl, 2012), die erlauben die Menge an mineralischem Dünger anhand der Spektralmessung zu bestimmen.

Ergebnisse und Diskussion

Ohne Düngung wurde ein Ertrag von 86 dt/ha im Niedrigertrag und 108 dt/ha im Hohertrag erreicht (Abb. 1). Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine geringe mineralische Dünge­gabe der höchste Ertrag (130 dt/ha) im Niedrigertragsbereich erreicht werden kann. Im Hohertragsbereich wird durch eine geringe mineralische Dünge­gabe ein höherer Ertrag erreicht (138 dt/ha). Durch eine Umverteilung der Dünge­gaben zwischen EC32 und EC39 Gabe konnte der Ertrag nochmals gesteigert werden. Der alleinige Einsatz von organischem Dünger bewirkt nur eine geringe Steigerung des Ertrages im Niedrigertrags- (101 dt/ha) bzw. Hohertragsbereich (121 dt/ha). Erst durch zusätzliche mineralische Dünge­gaben wird der Höchstertrag in den Ertragszonen erreicht.

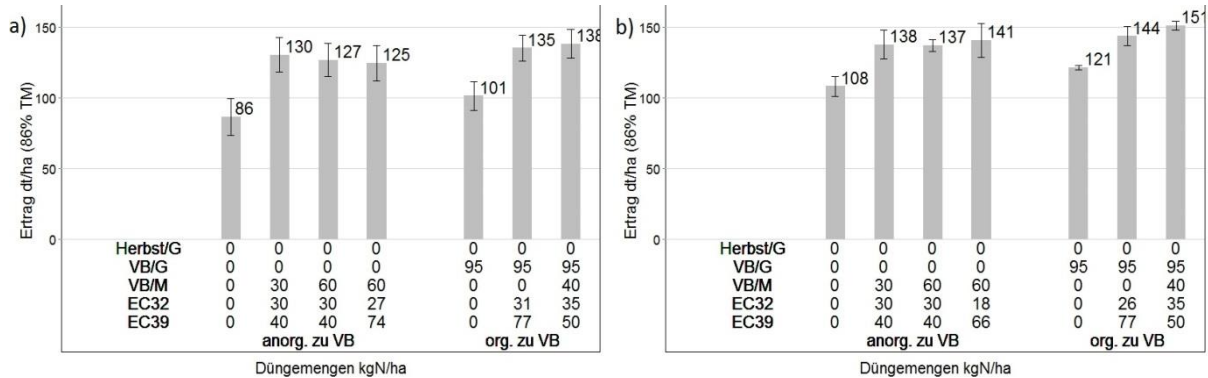


Abb. 1: Winterweizen Ertrag (86% TM) für a) Niedrigertragsbereich und b) Hohertragsbereich; VB = Vegetationsbeginn, G = organischer Dünger, M = mineralischer Dünger

In der Abb. 2 ist eine Sensormessung von einem Gesamtschlag dargestellt. Die Heterogenität der landwirtschaftlichen Fläche ist durch das Sensorsystem klar ersichtlich und mithilfe der entwickelten Algorithmen lassen sich teilflächenspezifische Düngewerte ermitteln.

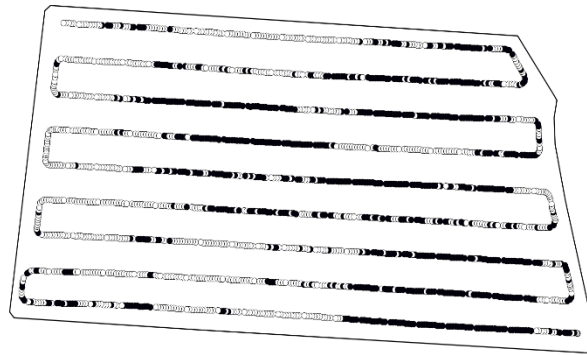


Abb. 2: Sensorgestützte Düngempfehlung eines Winterweizenschlages in EC39
weiß = 55 kg N /ha benötigt, schwarz = 100 kg N/ha benötigt

Durch die Verwendung eines Sensorsystems kann die N-Effizienz gesteigert, der Einsatz von Stickstoffdünger gesenkt und die Gefahr von Nitratauswaschung vermindert werden.

Literatur

- Griepentrog H.-W., Kyhn M.: 2000. Strategies for Site Specific Fertilization in a Highly Productive Agricultural Region. 5th International Conference on Precision Agriculture Minneapolis, USA.
- Rattan L., Stewart B.A.: 2015. Soil-specific Farming: Precision Agriculture. Advances in Soil Science. CRC Press, Boca Raton, London, New York.
- Strenner M., Maidl F.-X.: 2010. Comparison of different vegetation indices and their suitability to describe N-uptake in winter wheat for precision farming. In: Khosla, R. (Ed.), 10th international Conference of Precision Agriculture, Denver, Colorado.

Eignung verschiedener Körnerleguminosen in ökologischen Fruchtfolgen zur Integration einer deckungsbeitragsstarken Folgekultur in abtragender Position

Hannes Schulz¹, Evelyn Stoll², Stephanie Zimmer², Torsten Bohn³ und Jürgen Heß¹

¹ Universität Kassel Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau, Witzenhausen

² Institut for Organic Agriculture (IBLA) Munsbach, Luxembourg

³ Luxembourg Institute of Science and Technologie (LIST) Belvaux Luxembourg

E-Mail: Ha.schulz@uni-kassel.de

Einleitung

Körnerleguminosen sollen in der Gestaltung von zukunftsfähigen ökologischen Fruchtfolgen einen größeren Stellenwert einnehmen. Bisherige Erkenntnisse zeigen, dass sich Vorteile im Anbau nicht einzig auf das Anbaujahr reduzieren. Bedeutende agronomische Vorteile (z.B. Pflanzengesundheit, Ertrag- und/oder Qualitätssteigerungen), die dem Anbau von Körnerleguminosen zugeschrieben werden können, werden häufig erst im weiteren Verlauf der Fruchtfolge abgerufen. Die Möglichkeit des Anbaus einer weiteren deckungsbeitragsstarken Kultur als Nachfrucht der Leguminosen könnte Fruchtfolgen des Ökologischen Landbaus aufwerten.

In einem dreijährigen Versuchsansatz wurde deshalb untersucht, inwieweit der Anbau verschiedener Körnerleguminosen einen Einfluss auf Winterweizen als Folgefrucht hat. Im Fokus der Erhebungen steht dabei die Entwicklung der Stickstoffbereitstellung durch die Körnerleguminosen, die Entwicklung der Stickstoffverfügbarkeit und Stickstoffaufnahme im folgenden Winterweizen sowie die Auswirkungen auf Ertrag und Qualität des Winterweizens. Ziel der Untersuchung ist es, Körnerleguminosen zu identifizieren, die es erlauben Winterweizen in abtragende Positionen der Fruchtfolge zu integrieren.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes wurden auf der Domäne Frankenhausen dem Versuchsbetrieb der Universität Kassel zwei zweijährige Versuche angelegt. In den Versuchen wurden die Eignung verschiedener, für den Standort anbauwürdiger Körnerleguminosen und deren Effekte auf einen im folgenden Jahr angebauten Winterweizen getestet. Gearbeitet wurde auf einem Lößboden (2% s, 81% u, 17% t) mit einem C_t bzw. N_t-Gehalt von 1,02% bzw. 0,11%. Die Versorgung mit Grundnährstoffen wurde für Phosphor, Kalium und Magnesium zu Versuchsbeginn ermittelt (P: 83 mg*kg⁻¹; K:97 mg*kg⁻¹; Mg: 82 mg*kg⁻¹). Die Witterung war im Vergleich zur Referenzperiode in den bisherigen Versuchsjahren deutlich wärmer und trockener (2014: 10,8°C; 535mm; 2015: 10,2°C; 442mm) ausgeprägt. Im Versuch wurden sowohl Sommer- als auch Winterformen und jeweils eine nichtfixierende Getreidevariante als Kontrolle angebaut. Als Winterformen wurden die Ackerbohne, die Wintererbse und ein Wintererbse/Triticale-Gemenge untersucht. Als nicht-legume Kontrolle wurde Triticale gewählt. Als Sommerformen sind die Ackerbohne, die Erbse (Reinsaat und Gerstengemenge), die blaue Lupine und die Sojabohne in den Versuch aufgenommen worden. Aufgrund einer möglichen Sortenvariabilität wurden bei den Sommerleguminosen jeweils zwei Sorten untersucht. Als nichtfixierende Kontrolle wurde Gerste gewählt. Die Anlage der

Versuche erfolgte in vierfach wiederholtem Blockdesign, getrennt für die Sommer- bzw. Winterformen.

Ein Schwerpunkt der Untersuchungen lag in der Darstellung der möglichen Ertragspotenziale und deren Komponenten. Dazu wurden der Endertrag der Körnerleguminosen sowie die relevanten Ertragsstrukturkomponenten erfasst. Im Winterweizen wurden zusätzlich drei Zeiternten durchgeführt (2015: 7. & 21. Mai, 10. Juni; 2016: 3. + 19. Mai, 8. Juni), die es erlauben die Ertragsentwicklung und die Stickstoffaneignung in Abhängigkeit zur Vorfrucht nachzuvollziehen. Die Bodennitratdynamik (0-30; 30-60; 60-90 cm) wurde in regelmäßigen Abständen unter der Vorfrucht und beim Nachfruchtweizen ermittelt. Die N-Aufnahme wurde zu den Zeiternten (N in Ganzpflanze) und nach Abreife bestimmt (N in Korn und Stroh). Die N-Verluste bei der Ernte der Körnerleguminosen wurden rechnerisch aus der Differenz der Parzellendruscherträge und einer vorherigen händischen Ernte einer Teilparzelle ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Nach Abschluss von zwei Versuchsdurchgängen lassen sich folgende Ergebnisse zusammenfassen. Der Anbau der Körnerleguminosen war stark von der jeweilig auftretenden Witterung geprägt, wobei die untersuchten Winterleguminosen von der vorhandenen Winterfeuchtigkeit profitierten. Die während der Vegetationsperiode (Mai-Juni 15 bzw. 16) der Körnerleguminosen beobachteten $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte (0-90 cm) wiesen nur geringe Werte zwischen 8 und 50 kg*ha^{-1} auf, die sich nach der Ernte in allen Varianten deutlich erhöhten. Lediglich in der Saison 2014 konnten unter der Sojabohne eine erhebliche Mineralisierung festgestellt werden ($108\text{-}112 \text{ kg*ha}^{-1}$), was sich jedoch mit der zögerlichen Entwicklung in einem trockenen Frühsommer erklären lässt. Die Ernteerträge der Körnerleguminosen, erzielt wurden zwischen 5 und 30 dt*ha^{-1} in den Reinsaaten und bis zu 40 dt*ha^{-1} im Gemenge, pendelten sich heterogen auf einem niedrigen Niveau ein. Die N-Hinterlassenschaften waren kalkulatorisch mit bis zu 45 kg*ha^{-1} ebenfalls auf einem niedrigen Niveau. In der Wintererbse (Reinsaat und Gemenge) wurden sehr hohe N-Hinterlassenschaften festgestellt.

Nach der Aussaat des Winterweizens konnten im Boden (0-90) erhöhte $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte gemessen werden, die jedoch zu diesem Zeitpunkt in beiden Nachfruchtjahren eine sehr unspezifische Ausprägung zeigten und keine Rückschlüsse auf eine Vorteilhaftigkeit bestimmter Körnerleguminosen zuließ. Mit der weiterführenden Beprobung zeigten sich zu Beginn der Vegetationsperiode der Nachfrucht deutliche auf die Vorfrucht zurückzuführende Mineralisierungsunterschiede. Wobei die nichtfixierende Vorfrucht als Kontrollvariante sowohl in den Winter- als auch in den Sommerformen 40 bis 50% des Mineralisierungspotenzials der Körnerleguminosen erreichte. Zu den Beprobungsterminen am 07.05.2015 bzw. 03.05.2016 wurden unter der Nachfrucht nur noch geringe $\text{NO}_3\text{-N}$ -Werte festgestellt ($<20 \text{ kg*ha}^{-1}$; 0-90 cm). Die Stickstoffaufnahme in den Winterweizen erhöhte sich während der drei Zeiterntetermine von 45 kg*ha^{-1} N auf 100 kg*ha^{-1} N. Der lineare Zusammenhang zwischen Mineralisierung und N-Aufnahme für das Jahr 2015 deutlich ausgeprägt ($r^2=0,683$). Der Zusammenhang von Stickstoffaufnahme und Weizenertrag ($r^2=0,728$) war ebenfalls gegeben.

Untersuchung des Befalls durch Rübenzystennematoden (*Heterodera schachtii*) im Feld – Vergleich zweier Methoden –

Stephanie Kehm¹, Marie Reuther^{2,5}, Alfons Lingnau⁴, Christian Lang²,
Christian Heinrichs³, Bernd Honermeier¹ und Florian M.W. Grundler⁵

¹ Justus-Liebig Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Gießen

² Verband der Hessisch-Pfälzischen Zuckerrübenanbauer e.V., Worms

³ Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Pflanzenschutzdienst, Bonn-Roleber

⁴ Rheinischer Rübenbauer-Verband e. V., Bonn

⁵ Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, INRES, Molekulare Phytomedizin, Bonn

E-Mail: Stephanie.Kehm@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Der Rübenzystennematode *Heterodera schachtii* ist der Hauptschädling in Zuckerrübenanbaugebieten, welcher zu erheblichen Ertragsverlusten führt. Zur Bekämpfung des Rübenzystennematodens sind auf Grund ökotoxikologischer Unsicherheiten und geringer Wirkungsgrade in Deutschland keine Nematizide zugelassen. Aus diesem Grund sind die Einhaltung einer weitgestellten Fruchtfolge, der Einsatz nematodenresistenter Zwischenfrüchte und die Wahl der Zuckerrübensorte wichtige Parameter im Nematoden-Management.

In Versuchen mit anfälligen, toleranten und resistenten Zuckerrübensorten kann auf Standorten mit Rübenzystennematodenbefall neben den sortenspezifischen Erträgen auch die Nematodenvermehrung bestimmt werden. Dazu ist eine parzellengenaue Bodenprobenentnahme und Nematodenanalyse notwendig. Zum Zeitpunkt der Aussaat wird der Ausgangsbefall (Pi) und zum Zeitpunkt der Ernte der Endbefall (Pf) ermittelt, um anschließend die Vermehrungsindizes Pf/Pi der einzelnen Zuckerrübensorten zu bestimmen. Dieser Index stellt dar, wie stark die einzelnen Zuckerrübensorten den Rübenzystennematoden *H. schachtii* vermehren.

Zur Bestimmung des Rübenzystennematodenbefalls im Feld bestehen verschiedene Methoden. Das Ziel der Untersuchungen bestand darin, die Schlupftest- und die Zystenquetschmethode miteinander zu vergleichen und bezüglich ihrer Aussagefähigkeit zu bewerten.

Material und Methoden

Für den Vergleich der Zystenquetsch- und der Schlupftestmethode wurden im Jahr 2015 zwei Zuckerrübensortenversuche (je einmal in NRW und BW) unter Befall ausgewählt.

Die Bodenproben am Standort in Baden-Württemberg wurden mittels eines Bodenprobenentnahmegertes in 0-30 und in 30-60 cm gezogen. Am Standort in Nordrhein-Westfalen erfolgte die Entnahme in 0-30 cm per Hand mittels eines Bohrstocks. Die Bodenproben der beiden Standorte (n=120 je Pi und Pf) wurden homogenisiert, geteilt, wechselseitig ausgetauscht und in beiden Laboren durch die jeweilige Methode analysiert.

Durch die Schlupftestmethode werden beim Verband Hessen-Pfalz die durch Acetox zum Schlupf angeregten Larven in 100 g Boden bestimmt. Hingegen lässt der Rheinische Rübenbauer-Verband die Anzahl an Larven & Eiern in 100 ml Boden bei der Landwirtschaftskammer Bonn mittels der Zystenquetschmethode untersuchen.

Ergebnisse und Diskussion

Im Ausgangs- und im Endbefall wurden je nach Standort unterschiedlich starke lineare Zusammenhänge der Ergebnisse beider Methoden festgestellt. Beide Methoden führen trotz unterschiedlich ausgeprägter linearer Beziehungen sowohl im Ausgangsbefall als auch im Endbefall bezüglich ihrer sortenspezifischen Vermehrungsindizes (Pf/Pi) zu einem vergleichbaren Sortenranking.

Durch die Schlupftestmethode konnten im Mittel beider Standorte mehr statistisch abgesicherte Unterscheidungen zwischen den Sorten ermittelt werden. Die Streuung der Schlupftestmethode war tendenziell geringer.

Das bei beiden Methoden aus den Messwerten abgeleitete statistisch vergleichbare Ranking der Sorten hinsichtlich ihrer sortenspezifischen Vermehrung (Pf/Pi) führt in der Umsetzung für die Beratung zu ebenso vergleichbaren Ergebnissen (Abb. 1). Somit werden ausgehend von unterschiedlichen Analysemethoden aus dem sehr gut vergleichbaren Sortenranking gleichsinnige Beratungsaussagen in beiden Regionen aus den Ergebnissen abgeleitet.

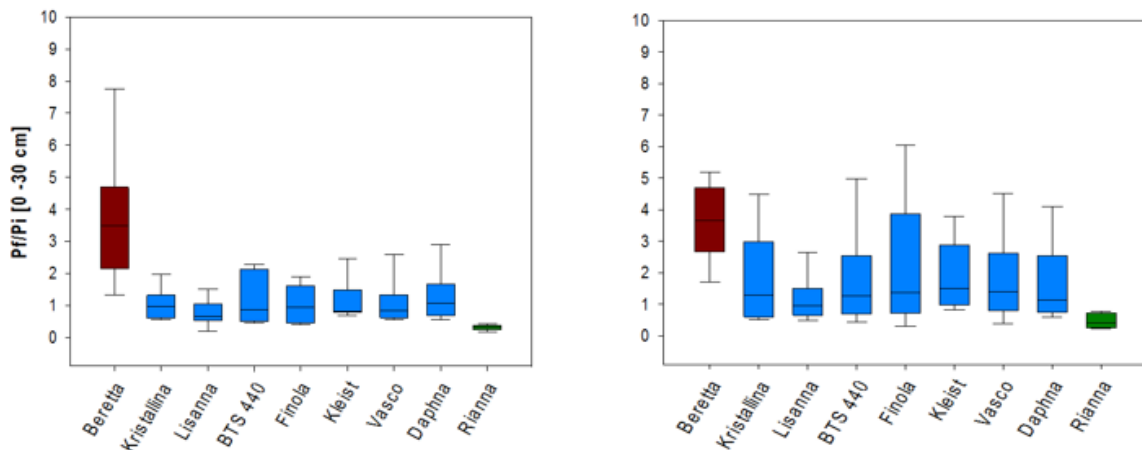


Abb. 1: Sortenspezifische Vermehrungsindizes Pf/Pi. Links: mittels der Schlupftestmethode (Pf/Pi_s); rechts: mittels der Zystenquetschmethode (Pf/Pi_z).

Bei beiden Methoden zeigt die anfällige Sorte Beretta die höchsten Vermehrungsindizes und die resistente Sorte Rianna die geringsten. Die teilresistenten Sorten liegen bei beiden Methoden dazwischen.

Die offensichtlich aus praktischen Erwägungen der Labore unterschiedlichen Analysemethoden haben sich in der vorliegenden Vergleichsstudie beide als geeignet erwiesen. Die Wahl der verwendeten Methode zur Bestimmung der sortenspezifischen Vermehrung im Feld ist weniger entscheidend für die Beratung, als zunächst vermutet.

Weitere Untersuchungen sollten zeigen, inwieweit sich die Ergebnisse für mehrere Standorte und eine größere Datengrundlage bestätigen lassen bzw. welche Ursachen für die Streuung von Einzelmessungen einzelner Bodenproben nachweisbar sind.

Das Projekt wurde gefördert durch das Ministerium für Umwelt, Energie, Ernährung, und Forsten Rheinland-Pfalz, das Hessische Ministerium für Umwelt, Klimaschutz, Landwirtschaft und Verbraucherschutz, das Kuratorium für Versuchswesen und Beratung im Zuckerrübenanbau, die Strube Research GmbH & Co. KG und die Stiftung Südwestdeutscher Zuckerrübenanbau.

Vorfrucht als Kriterium für die agronomische Effizienz des Zuckerrübenanbaus

Anna Jacobs, Heinz-Josef Koch und Bernward Märländer

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

Einleitung

Agronomische Aufwendungen (z. B. Dünger) leisten einerseits einen unverzichtbaren Beitrag zur Ertragsbildung und gehen andererseits mit einem ökologischen Risiko einher. Zu begegnen ist diesem Trade-off – im Sinne einer nachhaltigen Produktivitätssteigerung – mit der größtmöglichen Effizienz, bestenfalls mit höchstem Ertrag bei geringstem agronomischen Aufwand. Für beide Ziele kann die Gestaltung der Fruchtfolge einen Beitrag leisten und bei einer vergleichenden Bewertung verschiedener Fruchtfolgen müssen solche Fruchtfolge- oder Vorfruchteffekte Berücksichtigung finden (Köpke und Nemecek 2010). Ziel dieser Studie war, die agronomische Effizienz des Anbaus von Zuckerrüben im Kontext verschiedener Fruchtfolgen abzubilden und dabei Vorfruchteffekte korrekt zu bewerten.

Material und Methoden

Verschiedene 2-jährige Abfolgen von Vorfrucht (inkl. Zwischenfrucht) + Zuckerrüben wurden auf Datengrundlage eines Feldversuches (2011-2014, Harste bei Göttingen) bewertet: (i) Senf – Silomais – Zuckerrüben, (ii) Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben, (iii) Winterweizen – Senf – Zuckerrüben. Energieertrag (DLG 1991) und agronomische Aufwendungen (Stickstoff (N), Phosphor (P), Pestizide (aktive Substanz), Energie, Fläche) wurden je Fruchtfolgefeld und Jahr ermittelt (s. a. Jacobs et al. 2016a). Je agronomischem Parameter wurde die Effizienz als Energieertrag pro Aufwandmenge berechnet. Die Bewertung erfolge je als 2-jährige Summe der gesamten Abfolge von Vorfrucht + Zuckerrüben. Ferner wurde auf eine Gewichtung der mit den agronomischen Aufwendungen verknüpften ökologischen Risiken (z. B. Eutrophierung, Klimaerwärmung) verzichtet. Für eine vergleichende multidimensionale Darstellung wurde die Abfolge höchster Effizienz für den jeweiligen Parameter = 1 und die übrigen Abfolgen hierzu ins Verhältnis gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Die signifikant geringste N-Effizienz zeigte die Abfolge Winterweizen – Senf – Zuckerrüben ($1,2 \text{ GJ kg}^{-1}$) (Senf – Silomais – Zuckerrüben: $2,5 \text{ GJ kg}^{-1}$, Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben: $3,4 \text{ GJ kg}^{-1}$) (nicht gezeigt). Die P-Effizienz zeigte keinen statistischen Unterschiede ($2,5\text{-}2,9 \text{ GJ kg}^{-1}$). Die signifikant höchste Pestizid-Effizienz erreichte die Abfolge Senf – Silomais – Zuckerrüben (115 GJ kg^{-1}) (Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben: 54 GJ kg^{-1} , Winterweizen – Senf – Zuckerrüben: 44 GJ kg^{-1}). Die signifikant geringste Energie-Effizienz lag erneut bei der Abfolge Winterweizen – Senf – Zuckerrüben ($6,7 \text{ GJ GJ}^{-1}$) (Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben: $9,0 \text{ GJ GJ}^{-1}$; Senf – Silomais – Zuckerrüben: $10,1 \text{ GJ GJ}^{-1}$). Die Flächen-Effizienz (= Energieertrag) war signifikant und deutlich am höchsten für die Senf – Silomais – Zuckerrüben Abfolge (670 GJ ha^{-1}) (Winterweizen – Senf – Zuckerrüben: 420 GJ ha^{-1} ; Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben: 419 GJ ha^{-1}).

Im Vergleich der drei Vorfrucht – Zuckerrüben Abfolgen zeigte die mit Senf – Silomais für vier der fünf agronomischen Parameter die höchste Effizienz auf Grund

der hohen Energieerträge (s. a. Ergebnisse Flächen-Effizienz) (Abb. 1). Je nach agronomischem Parameter erreichten die beiden anderen Abfolgen 39-90% der Effizienz der Senf – Silomais – Zuckerrüben Abfolge. In der N-Effizienz war die Phacelia – Körnererbse – Senf – Zuckerrüben Abfolge deutlich über den beiden anderen Abfolgen (36-74% des Wertes). Grund war der deutlich reduzierte N-Aufwand beim Anbau der Leguminose und der darauf folgenden Zuckerrübe (nicht gezeigt). Die in der Praxis „klassische“ Abfolge im Zuckerrübenanbau mit Winterweizen – Senf zeigte in allen agronomischen Parametern die geringste Effizienz auf Grund der vergleichsweise geringen Energieerträge durch das Weizenkorn.

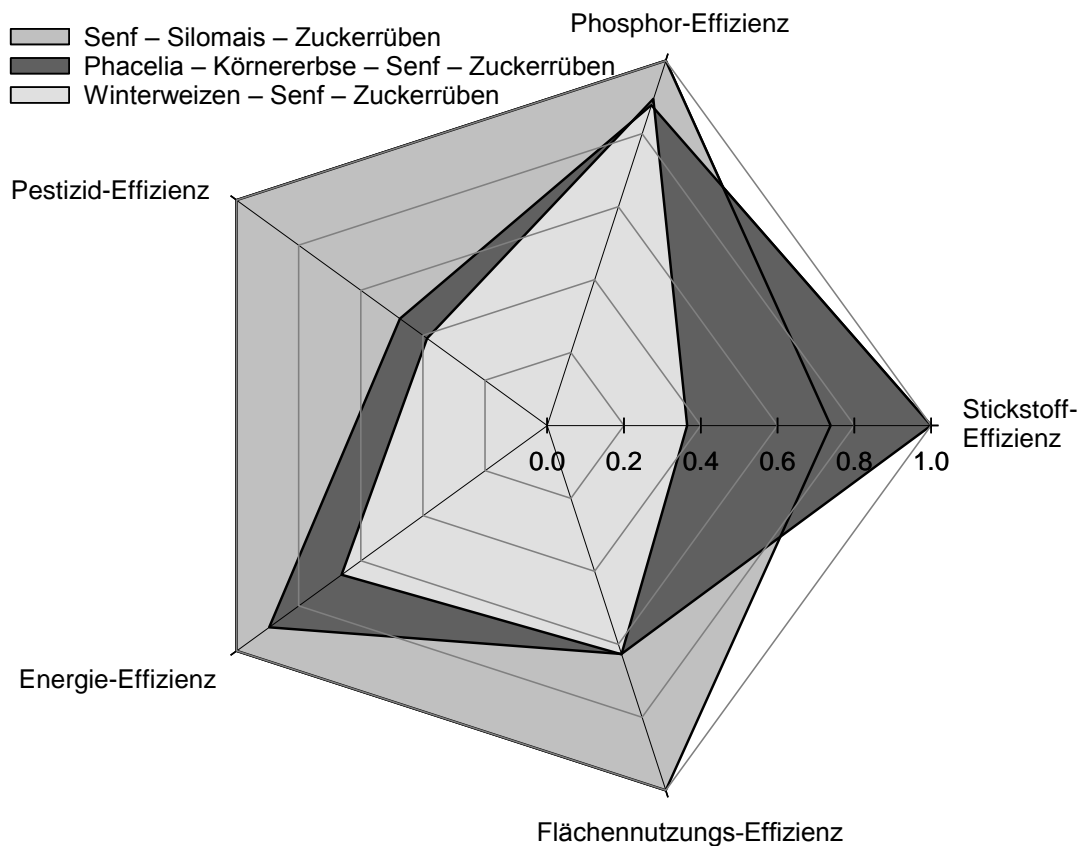


Abb. 1: Agronomische Effizienz (Energieertrag pro Aufwandmenge) verschiedener 2-jähriger Abfolgen von Vorfrucht (inkl. Zwischenfrucht) + Zuckerrüben in einem Feldversuch (Harste bei Göttingen). Mittel der Jahre 2011-2014 (n = 4).

Wir konnten zeigen, dass die Wahl der Vorfrucht, wenn in einer vergleichenden Bewertung berücksichtigt, die agronomische Effizienz im Zuckerrübenanbau deutlich bestimmen kann. Die gezeigte multidimensionale Darstellungsweise (Abb. 1) ist übersichtlich und erlaubt Entscheidungsträgern – je nach Prioritätensetzung – eine Strategieentwicklung zur nachhaltigen Produktivitätssteigerung, die Fruchtfolgeeffekte berücksichtigt. Eine Erweiterung, z. B. um eine Humusbilanz, ist zu diskutieren.

Literatur

- Jacobs et al. 2016a. Silage maize and sugar beet for biogas production in crop rotations and continuous cultivation – energy efficiency and land demand. *Field Crops Research*, doi: 10.1016/j.fcr.2016.06.008.
- Köpke U, Nemecek T 2010. Ecological services of faba bean. *Field Crops Research* 115, 217-233.

Neonicotinoide im Zuckerrübenanbau: Umweltwirkungen, Nutzen, Alternativen

Melanie Hauer und Nicol Stockfisch

Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen.

E-Mail: hauer@ifz-goettingen.de, stockfisch@ifz-goettingen.de

Einleitung

Die EU hat im Zuge einer Neubewertung der Umweltrisiken von Neonicotinoiden die Verwendung von Imidacloprid, Clothianidin und Thiamethoxam in der Beize verschiedener Kulturen vorerst verboten (Durchführungsverordnung 485/2013), da Risiken für Nützlinge wie die Honigbiene nicht ausgeschlossen werden können. Eine Ausnahme stellt die Zuckerrübe dar, welche bislang nicht von dem Verbot betroffen ist, da sie als nicht attraktiv für Bienen und andere Bestäuber gilt.

Um die Bedeutung von Neonicotinoiden für den Zuckerrübenanbau zu erfassen, ist eine Systemanalyse durchgeführt worden, in der die Häufigkeit von Schädlingen, mögliche Auswirkungen auf den Ertrag, die Wirksamkeit von Insektiziden, Änderungen im Insektizideinsatz, sowie Probleme durch Resistenzentwicklung und mögliche Umweltwirkungen betrachtet werden.

Material und Methoden

Mittels Literaturrecherche und Daten aus Feldversuchen wurden Wirksamkeit und Ertragseffekte des Insektizideinsatzes im deutschen Zuckerrübenanbau herausgearbeitet. Weiterhin wurden Daten aus der seit 2010 jährlich durchgeführten „Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenbau“ (Stockfisch et al. 2013) genutzt, um aktuelle Insektizidstrategien darzustellen und daraus mögliche zukünftige Änderungen im Falle eines Verbots von Neonicotinoiden abzuleiten. Informationen zum Schädlingsauftreten wurden mittels Expertenschätzungen (Ladewig et al. 2006) aus einzelnen Jahren zusammengetragen.

Ergebnisse und Diskussion

Neonicotinoide werden im konventionellen Zuckerrübenanbau in Deutschland auf 100 % der Flächen in Form von Beizanwendungen verwendet, um vor den zahlreichen Schadinsekten zu schützen. Seit ihrer Einführung treten Schadinsekten eher selten auf, so dass derzeit nur rund 10 % der Betriebe zusätzliche insektizide Sprühapplikationen v. a. gegen die Schwarze Bohnenlaus (*Aphis fabae*) durchführen (Abb. 1). Dies impliziert, dass Neonicotinoide einen langanhaltenden Schutz vor den meisten Schadinsekten während kritischer Stadien der Rübenentwicklung bieten. Im Fall eines kompletten Verbotes würden nicht nur Bodenschädlinge wie *Atomaria linearis* für den Feldaufgang ein Problem. Es fehlten auch wirksame Alternativen zur Bekämpfung von virusübertragenden Blattläusen wie der Grünen Pfirsichblattlaus (*Myzus persicae*), die in der Vergangenheit zu erheblichen Ertragsverlusten geführt haben. Außerdem wird ein Anstieg der Insektizidanwendungen bei gleichzeitig reduzierter Effizienz in der Schädlingsbekämpfung und zunehmenden negativen Umweltwirkungen vermutet.

Neonicotinoide sind zwar im Fokus was Umweltwirkungen angeht, allerdings muss im Fall von Zuckerrüben deutlich spezifiziert werden. Neonicotinoide an der Saatpille sind von einer stabilen Hülle umgeben, so dass kaum Abriebverluste bei der Aussaat

entstehen können. Staubentwicklung und Abdrift während der Aussaat treten also bei Zuckerrüben nicht oder nur in sehr geringem Umfang auf (Heimbach et al. 2014). Ein anderer unerwünschter Austrittspfad könnte durch Guttation entstehen. Untersuchungen haben gezeigt, dass Guttation bei Zuckerrüben nur selten auftritt und darüber hinaus zu Zeiten außerhalb des Bienenflugs (Joachimsmeier et al. 2012). Guttationstropfen können zwar für Bienen gefährlich hohe Mengen an Neonicotinoiden enthalten, eine Exposition von Nichtzielorganismen erscheint allerdings unwahrscheinlich. Insgesamt ist also von einem geringen Risiko für Nichtzielorganismen durch Neonicotinoide in der Beize auszugehen bei gleichzeitig hohem Anwenderschutz.

Als Alternativen zu Neonicotinoiden stehen nur wenige Wirkstoffe wie beispielsweise Tefluthrin (Anwendung in der Beize) oder Pirimicarb (Anwendung während der Vegetationsperiode) zur Verfügung. Gerade für die ertragswirksame Grüne Pfirsichblattlaus sind allerdings viele Resistenzen bekannt, so dass derzeit keine wirksamen Alternativen gegen diesen bedeutenden Schädling verfügbar sind.

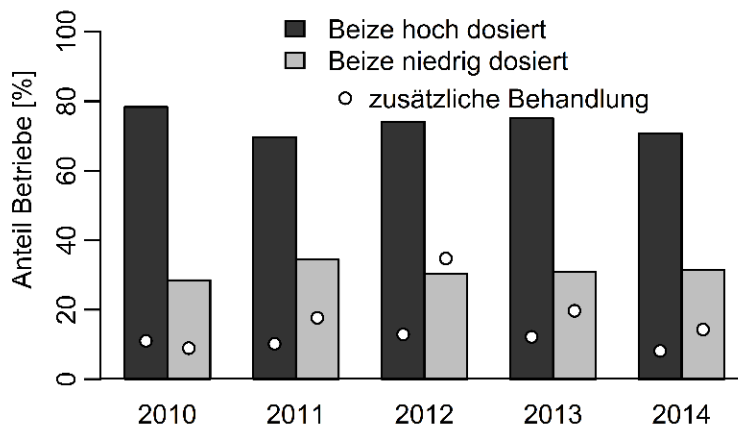


Abb. 1: Anteil Betriebe (n=1980) mit hoch (Poncho Beta+ (Imidacloprid 30 g, Clothianidin 60 g, beta-Cyfluthrin 8 g); Cruiser Force (Thiamethoxam 60 g, Tefluthrin 8 g)) bzw. niedrig dosierter Insektizidausstattung des Zuckerrübensaatgutes (Janus Forte (Imidacloprid 10 g, Clothianidin 10 g, beta-Cyfluthrin 8 g); Force Magna (Thiamethoxam 15 g, Tefluthrin 6 g)) und zusätzlich durchgeführter Sprühapplikation während der Vegetationsperiode (Punkte). Anteile der hoch und niedrig dosierten Beizen summieren sich nicht zu 100 %, da manche Betriebe Mischungen von Saatgutausstattungen verwendet haben.

Literatur

- Heimbach U., Stahler M., Schwabe K., Schenke D., Pistorius J., Georgiadis P.-T. (2014) Emission of pesticides during drilling and deposition in adjacent areas. *Julius-Kühn-Archiv* 444, 68-75.
- Joachimsmeier I., Pistorius J., Heimbach U., Schenke D., Kirchner W., Zwerger P. (2012) Frequency and intensity of guttation events in different crops in Germany. *Julius-Kühn-Archiv* 437, 87-90.
- Ladewig E., Bruns C., Leipertz H., Sander G., Wetzler H. (2006) Expertenbefragung zum Pflanzenschutz 1994-2005. *Sugar Industry* 131, 80-85.
- Stockfisch N., Gallasch M., Reineke H., Trimpler K., Mielke C., Reiners M., Risser P., Schmitz K., Märländer B. (2013) Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten. *Sugar Industry* 138, 656-663.

Treibhausgasemissionen bei der ackerbaulichen Nutzung von Sandböden

Julian Klepatzki und Frank Ellmer

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

Einleitung

Landwirtschaftlich bedingte Treibhausgase (THG) und Strategien zu deren Vermeidung gewinnen zunehmend an Bedeutung. Für die speziellen Bedingungen sandiger Ackerstandorte im Land Brandenburg werden mögliche Minderungspotentiale aufgezeigt.

Material und Methoden

Experimentelle Grundlage sind Ergebnisse aus dem im Jahr 1967 angelegten Stickstoff-Kombinationsversuch des LELF Brandenburg (MLUV, 2009). Neben Ertragsdaten sind dies die Veränderungen in den Bodenkohlenstoffvorräten. Anhand fünfjähriger Praxisdaten (2010-2014) eines Brandenburger Landwirtschaftsbetriebes mit ca. 2700 ha Ackerfläche wurden praxisrelevante THG-Bilanzen kalkuliert.

Die THG-Bilanzen basieren auf den Vorgaben aus dem nationalen Treibhausgasinventar (Rösemann et al., 2015) sowie für den Bereich der Vorleistungsemissionen auf der Datenbank Ecoinvent (Weidema, 2013). Direkte N₂O-Emissionen wurden mithilfe von Ergebnissen nach Trost (2015) an die Bedingungen sandiger Ackerstandorte angepasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse aus dem Dauerfeldversuch am Standort Groß Kreuz zeigen einen klaren Zusammenhang zwischen der Höhe von THG-Emissionen und der Menge der organischen und mineralischen N-Düngung (Tab. 1).

Tab. 1: Treibhausgasemissionen [$\text{kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CO}_{2\text{äqu}}$] und Ertrag (*) in Getreideeinheiten [$\text{t ha}^{-1} \text{a}^{-1}$] untersuchter Prüfglieder im Dauerfeldversuch am Standort Groß Kreuz.

Stallung-N ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)	Mineral N ($\text{kg ha}^{-1} \text{N}$)				
	0	50	100	150	200
0	1176 (4,0)	1857 (7,0)	2133 (9,4)	2841 (9,0)	3374 (9,4)
50	922 (5,9)	1256 (8,3)	1949 (9,5)	2300 (9,6)	3032 (9,8)
100	845 (7,5)	999 (9,0)	1631 (10,0)	1614 (9,8)	2313 (9,9)
150	67 (8,0)	400 (9,6)	1056 (10,1)	1622 (10,0)	1995 (9,9)
200	-276 (8,9)	-191 (9,7)	640 (9,9)	1219 (9,8)	2019 (10,0)

Ausgehend von einem Düngungsniveau von 100 kg ha^{-1} Mineral-N kombiniert mit 50 kg ha^{-1} Stallung-N ergibt eine Substitution von 50 kg ha^{-1} Mineral-N durch die gleiche Menge an Stallung-N eine um fast 50 % verminderte THG-Bilanz (1949 vs. $999 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CO}_{2\text{äqu}}$). Der Ertragsrückgang von 5 % ist dabei moderat.

Die fünfjährigen Untersuchungen im Praxisbetrieb ergaben im Mittel $1300 \text{ kg ha}^{-1} \text{a}^{-1} \text{CO}_{2\text{äqu}}$ bzw. $3550 \text{ t a}^{-1} \text{CO}_{2\text{äqu}}$ für etwa 2700 ha ackerbaulich genutzte Fläche (Tab. 2). Für die einzelnen Fruchtarten variierten die THG-Emissionen in weiten Grenzen. Am geringsten waren die THG-Emissionen bei Erbse und Lupine. Erwartungsgemäß die höchsten Emissionen traten beim Anbau von Winterraps mit über 2000 kg ha^{-1}

CO₂äqu auf. Günstig auf die Höhe der THG-Emissionen wirkte sich beim Silomais-Anbau die fast ausschließliche organische N-Düngung aus.

Tab. 2: Treibhausgasemissionen im Ackerbau eines Brandenburger Landwirtschaftsbetriebes im Mittel der Jahre 2010 bis 2014.

Fruchtarten	Saatgut	PSM	Min. Grunddüngung	Mineral-N	Organisch-N	Agrotechnik	EWR	Gesamt
Getreide								
Winterweizen	134	4	56	1484	0	206	62	1946
Wintergerste	122	16	60	1094	42	224	56	1614
Wintertriticale	132	8	56	1107	38	215	51	1607
Winterroggen	60	14	56	903	65	224	31	1353
Sommerroggen	77	4	56	21	197	279	39	673
Körnermais	166	14	56	86	191	364	133	1010
Futterpflanzen								
Silomais	166	14	56	82	191	400	31	939
Luzerne	23	2	180	76	4	469	24	778
Sudangras	27	20	56	188	187	310	22	810
GPS*	86	5	56	1122	40	195	86	1591
LKS	166	14	56	86	191	351	146	1009
Ölpflanzen								
Winterraps	6	24	88	1429	104	280	77	2010
Sonnenblume	9	19	56	69	117	233	130	633
Körnerleguminosen								
Erbse	133	21	56	0	0	207	111	528
Lupine	182	21	74	0	11	184	76	548

* Ganzpflanzensilage verschiedener Fruchtarten (Winterroggen, Wintertriticale, Winterweizen, Wintergerste); LKS = Lieschkolbenschrot.

THG-Minderung kann nach diesen Ergebnissen durch Reduzierung der mineralischen N-Düngung bei gleichzeitiger Substitution durch organische N-Quellen erreicht werden.

Literatur

- MLUV (Hrsg.) (2009): Exkursionsbroschüre zur Tagung der Bodenspezialisten der Bundesländer vom 08. bis 10. Juni 2009 in Brandenburg. Schriftenreihe des LELF Brandenburg. Reihe Landwirtschaft, Band 10, Heft V.
- Rösemann, C., Hänel, H-D., Dämmgen, U., Freibauer, A., Wulf, S., Eurich-Menden, B., Döhler, H., Schreiner, C., Bauer, B., Osterburg, B. (2015): Calculations of gaseous and particulate emissions from German agriculture 1990 – 2013 Report on methods and data (RMD) Submission 2015. Thünen Report 27. Johann Heinrich von Thünen-Institut, Braunschweig.
- Trost, B. (2015): Treibhausgasemissionen unter Bewässerung und unterschiedlicher Stickstoffdüngungsintensität auf einem Sandboden in Nord-Ost-Deutschland. Dissertation, Humboldt-Universität zu Berlin.
- Weidema, B. P., Bauer, C., Hischer, R., Mutel, C., Nemecek, T., Reinhard, J., Vadenbo, C. O., Wernet, G. (2013). Overview and methodology. Data quality guideline for the ecoinvent database version 3. Ecoinvent Report 1(v3). St. Gallen: The ecoinvent Centre. URL: <http://ecoinvent.org> (11.06.2015).

Modellgestützte Szenariorechnungen zur N-Auswaschung einer typischen Rapsfruchtfolge

Thomas Rübiger, Ulf Böttcher und Henning Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung/Christian-Albrechts-Universität, Kiel.

E-Mail: raebiger@pflanzenbau.uni-kiel.de

Einleitung

Winterraps zeichnet sich durch eine hohe N-Aufnahme bis zur Blüte aus. Nach der Ernte verbleiben jedoch auch hohe N-Mengen in Form von Ernteresiduen auf dem Acker. Im Herbst kann eine schnelle Mineralisation nach der Rapsernte zu einem hohen N-Pool im Boden führen, der potenziell ausgewaschen werden kann (Rathke et al., 2006). Der N-Transfer in die Folgekultur Winterweizen gelingt weniger gut, da dieser bis Vegetationsende nur geringe Mengen an Stickstoff aufnimmt. Gesteigerte Mineraldüngergaben verringern die N-Freisetzung unter Raps, erhöhen sie jedoch stark unter dem folgenden Getreide (Sieling et al., 1999). Durch längere Sickerwasserperioden ab Herbst können so größere Mengen Nitrat über Winter ausgewaschen werden, ins Grundwasser gelangen und schließlich dazu führen, dass der Schwellenwert von 50 mg NO₃⁻/l (GrwV, 2010) überschritten wird.

Ziel der Studie ist es, mit Hilfe modellgestützter Szenariorechnungen die N-Auswaschung einer typischen Rapsfruchtfolge für verschiedene Orte und Managementstrategien in Deutschland zu quantifizieren-

Material und Methoden

Im Herbst 2012 wurde ein dreijähriger Feldversuch mit der Fruchtfolge Winterraps-Winterweizen-Wintergerste (randomisiertes Blockdesign; jede Frucht in jedem Jahr) nahe auf der Versuchsgut Hohenschulen nahe Kiel angelegt. Winterraps wurde sowohl mineralisch (180 kg N ha⁻¹; KAS; 2 Teilgaben) als auch organisch (180 kg NH₄-N ha⁻¹; Biogas-Gärrest; 2 Teilgaben; Schleppschlauchausbringung) gedüngt. Ungedüngter Winterraps diente als Kontrollvariante. Winterweizen und Wintergerste wurden einheitlich mineralisch gedüngt (KAS; 220 bzw. 200 kg N ha⁻¹). Nmin-Beprobungen wurden wöchentlich (0-30 cm Tiefe) bzw. 3-mal pro Vegetationsperiode (0-90 cm Tiefe) durchgeführt.

Ein dynamisches Simulationsmodell dient zur Berechnung der N-Auswaschung. Es besteht aus dynamischen Pflanzenwachstumsmodellen für Winterraps und Winterweizen, um die N-Aufnahme der jeweiligen Frucht zu beschreiben. N-Mineralisierung wird durch ein gekoppeltes C- und N-Modell (5 Pools) kalkuliert. Zugeführte organische Substanz wird auf die Pools DPM (leicht abbaubar) und RPM (schwer abbaubar) aufgeteilt. Die Abbaurate der organischen Substanz wurde auf Grundlage der gemessenen Nmin-Werte geschätzt. Die Nitratverlagerung im Bodenprofil wird mittel Dispersions-Konvektions-Modell verbunden mit einem schichtbasierten Bodenwassermodell (wassergehaltsbasierte Lösung der Richards-Gleichung) kalkuliert und abschließend die N-Auswaschung der 3 Versuchsjahre geschätzt.

Jeder Simulationslauf startete zur Ernte der Vorfrucht und endete zu Bestockungsende des nachfolgenden Weizens.

Mit dem erstellten Modell wurden Szenariorechnungen für 3 Standorte innerhalb von Deutschland durchgeführt. Basierend auf 30-jährigen Wetterdaten wurde der Einfluss

der Düngermenge (bedarfsgerecht, überdüngt) und der Düngerform (mineralisch(KAS, ASS), organisch (Gärrest)) auf die N-Auswaschung analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenwachstumsmodelle waren in der Lage, die gemessenen N-Aufnahmen zu reproduzieren (gezeigt für Winterraps, Abbildung 1). Auch Bodenwassergehaltsänderungen und der Verlauf der gemessenen Nmin-Werte im betrachteten Zeitraum wurden gut durch das Modell abgebildet (nicht gezeigt). Somit war es möglich, die N-Auswaschung mittels erstellten Modells zu quantifizieren und dieses im Anschluss für Szenariorechnungen zu nutzen.

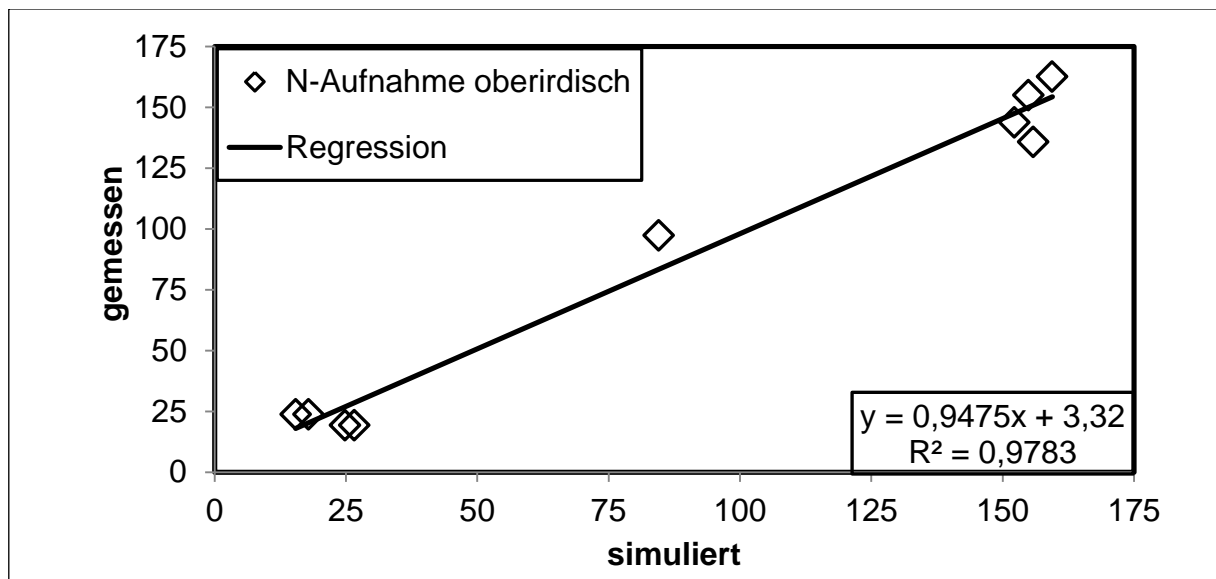


Abb. 1: Regression simulierter und gemessener N-Aufnahme in oberirdischen Pflanzenorganen im Winterraps (in kg N ha⁻¹).

Literatur

GrwV: Verordnung zum Schutz der Grundwassers (Ausfertigungsdatum: 09.11.2010)

URL: http://www.gesetze-im-internet.de/bundesrecht/grwv_2010/gesamt.pdf (Stand:15.06.2016)

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

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 – winterbarley rotation in different crop management systems. *Journal of Agricultural Science* 132:127-137

Hat Biokohle eine Wirkung auf Ertrag und Boden in mehrjährigen Feldversuchen

Diedrich Steffens¹, Ghulam Haider², Claudia Kammann³, Aitak Sadeghi⁴
und Bernd Honermeier⁴

¹ Institut für Pflanzenernährung, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, ² Institut für Pflanzenökologie, Justus-Liebig-Universität Gießen, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, ³ Institut für Bodenkunde und Pflanzenernährung, Hochschule Geisenheim, Von-Lade-Str. 1, 65366 Giesenheim, ⁴ Institut für Pflanzenbau und –züchtung 1, Justus-Liebig-Universität Gießen, Schubertstr. 81, 35392 Gießen. E-Mail: Diedrich.Steffens@ernaehrung.uni-giessen.de

Einleitung

Seit geraumer Zeit haben sich die Forschungsaktivitäten über Biokohlen (biochar) enorm erhöht. Eine Ursache dafür ist Kohlenstoff im Boden zu sequestrieren und eine andere ist die Hoffnung durch Biokohle die Bodenqualität zu verbessern (Koch, 2016). So berichten Younis et al (2016), dass eine Zufuhr von Biokohle die Cd- und Ni-Aufnahme von Spinat im Gefäßversuch deutlich reduzierte. Hanauer et al. (2012) zeigten dagegen keinen Einfluss von Biokohle (hergestellt aus Erdnussschalen) auf 1 M NH₄NO₃ extrahierbares Cd, Cu und Zn in einem stark belasteten Boden (pH_{CaCl2} 7,2). Applizierte Biokohle zu einem Sandboden verbesserte in den Untersuchungen von Kammann et al. (2011) die Trockentoleranz von Quinoa in einem Gefäßversuch. Infolge unseres Klimawandels ist insbesondere die Wasserspeicherung von Sandböden von besonderem Interesse. Aus diesem Grund untersuchen wir in unseren Feldversuchen die Wirkung von Biokohle auf die Wasserspeicherung einer Braunerde aus Sand sowie die N-Dynamik auf dem Sandboden sowie auf einer Lößparabraunerde und auf einem Alluvium.

Material und Methoden

Im Frühjahr 2012 wurden auf dem Versuchsfeld (Sandboden, Groß Gerau) der Justus-Liebig-Universität Gießen 15 bzw. 30 t/ha Biokohle aus Holzhackschnitzel-Siebresten gedüngt. Der Versuchsstandort war bei der Versuchsanlage ausreichend mit CAL-extrahierbarem P und K versorgt, pH-Wert des Oberboden 6,3 (0,01 M CaCl₂). Nach dem manuellen Ausbringen der Biokohle wurde die Kohle sofort mit einer Kreiselegge eingearbeitet und Körnermais ausgesät. Nach der Körnermaisernte erfolgte die Aussaat von Winterweizen gefolgt von einer legumen Zwischenfrucht mit Erbsen und Wicken, die dann vor der Aussaat von Sommergerste eingearbeitet wurde. Im Frühjahr 2015 erfolgte der Anbau von Körnermais. Die NPKMgS-Düngung erfolgte in ortsüblichen Gaben mit Ammonsulfatsalpeter, Tripelsuperphosphat und Patentkali. Sommergerste wurde nicht mit mineralischem Stickstoff gedüngt, da die von uns im Februar gemessene N_{min}-Menge zwischen 90 und 120 kg N/ha lag.

Ergebnisse und Diskussion

In der Tabelle 1 sind die Kornerträge von Körnermais, Winterweizen und Sommergerste dargestellt. Biokohleapplikation bewirkte auf dem Sandboden keinen signifikanten Mehrertrag gegenüber den entsprechenden Kontrollvarianten.

Tab. 1: Einfluss von Biokohle (BK) und Bewässerung auf die Kornerträge (t TM/ha) von Mais, Winterweizen und Sommergerste. Die Biokohle wurde vor der Maisaussaat in 2012 gedüngt.

Varianten	Bewässerung	Mais 2012	Winterweizen 2013	Sommergerste 2014	Mais 2015
Kontrolle	Ja	10,9±0,4 a	6,08±0,31 a	4,89±0,27 a	5,7±0,5 a
15 t BK /ha	Ja	10,7±0,2 b	6,00±0,17 a	4,02±0,18 ab	5,5±0,1 a
30 t BK/ha	Ja	9,7±0,1 a	5,95±0,18	3,59±0,26 b	5,7±0,5a
Kontrolle	Nein	9,8±0,7 A	6,13±0,38 a	2,92±0,38 A	0,9±0,4 B
15 t BK /ha	Nein	8,9±0,3 B	6,11±0,30 a	2,97±0,33 AB	0,6±0,3 B
30 t BK /ha	Nein	8,9±0,3 B	6,03±0,19 a	2,77±0,33 B	0,6±0,2 B

Interessanterweise beruhte der in 2012 beobachtete Minderertrag auf einem durch Biokohle induzierten Mn-Mangel bei Mais, wie unsere Mineralstoffanalysen im Maisspross zeigten. Möglicherweise wurde durch die Biokohle die Reduktion von Braunstein zu Mn^{2+} vermindert. Biokohle hatte keinen signifikanten Einfluss auf die Wasserspeicherung, wie die Kornerträge von Sommergerste und insbesondere die Erträge von Mais in 2015 zeigen, s. Tabelle 1. Obwohl wir im Frühjahr 2014 mehr Nmin-Stickstoff in den Biokohlevarianten gemessen haben, wurden die höchsten Erträge in den Kontrollvarianten erzielt. Dieses Ergebnis führen wir auf der einen Seite auf eine verstärkte Nitrat-Retention durch Biokohle zurück und auf der anderen Seite auf eine verminderte Nitrat-Freisetzung aus der Biokohle zurück.

Weitere Versuche auf einer Löß-Parabraunerde zeigten eine positive Wirkung auf den Silomaisertrag, die aber auf einer Kalium-Wirkung beruhte. Applikation von Biokohle auf einem Alluvial Boden zeigte ebenfalls keine signifikante Wirkung auf den Ertrag verschiedener Kulturen, wobei aber in der Variante Biokohle plus Stallmist ein Ertragszuwachs zu verzeichnen war. Insgesamt zeigen unsere Ergebnisse, dass Biokohlen eher zur Kohlenstoff-Sequestrierung im Boden beitragen als zur Ertragssteigerung. Biokohle hatte in unseren Feldversuchen keinen wesentlichen Effekt auf den Wasserhaushalt der Pflanzen. Weiterführende Untersuchungen zur Herstellung von Biokohlen aus verschiedenen Substraten zeigten, dass frische Biokohlen hergestellt aus Waldrestholz von Fichte, Landschaftspflegeheu und Nusschälchen über keine Kationenaustauschkapazität (KAK) verfügen. Verweilt dagegen eine Kohle aus der Holzkohleherstellung über mehrere Jahrzehnte im Boden, so steigt die KAK infolge von „coating Prozessen“ im Boden an (Koch, 2016).

Literatur

Koch C (2016) Untersuchungen zur Pflanzenkohleherstellung mittels thermochemischer Aufbereitung biogener Reststoffe. Dissertation, Fachbereich Agrarwissenschaften, Ökotoxikologie und Umweltmanagement, Justus-Liebig-Universität Gießen.

Hanauer et al. (2012) J.Plant Nutr. Soil Sci. 175, 708-720.

Kammann et al. (2011) Plant Soil 345, 195-210.

Younis et al. (2016) J.Plant Nutr. Soil Sci. 179, im Druck.

Pflanzenbauliches Potenzial von Körnermaisstroh für die Biogasproduktion

Monika Fleschhut¹, Kurt-Jürgen Hülsbergen² und Joachim Eder¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Freising;

²Technische Universität München, Lehrstuhl für ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Freising. E-Mail: monika.fleschhut@lfl.bayern.de

Einleitung

Körnermaisstroh fällt beim Anbau von Körnermais als Koppelprodukt in einer Größenordnung von jährlich ca. 4 Mio. t Trockenmasse (TM) in Deutschland an. Bislang verbleibt das Maisstroh zur Humusreproduktion und Nährstoffrückführung auf dem Feld und wird keiner nennenswerten Nutzung zugeführt. Damit ist Maisstroh ein potenzielles Biogassubstrat, dessen Substrateignung jedoch weitgehend unbekannt ist. Deshalb sind grundsätzliche Fragen zur Ertragsstruktur sowie der spezifischen Methanausbeute zu klären.

Material und Methoden

Seit 2013 werden am Standort Freising pflanzenbauliche Exaktversuche mit Körnermais durchgeführt. Um die Einflüsse von Sortenwahl und Erntezeitpunkt zu prüfen, werden vier bzw. (seit 2015) fünf Sorten mit unterschiedlichen Restpflanzeigenschaften angebaut und zu drei zeitlich versetzten Terminen (im Abstand von ca. zwei Wochen, beginnend mit dem Zeitpunkt der frühen Druschreife) geerntet. Alle Varianten werden in dreifacher Wiederholung in einer Blockanlage getestet. Zur Ermittlung der Ertragsstruktur werden Korn und Restpflanze (= Maisstroh) bei der Ernte separat erfasst. Für das Maisstroh wird zudem mittels nasschemischer Analysen (Weender) die stoffliche Zusammensetzung untersucht und mithilfe von Batchversuchen die spezifische Methanausbeute im Labormaßstab gemäß VDI 4630 (2006) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In den bisherigen Versuchen lagen die Maisstroherträge im Gesamtmittel über alle Versuchsjahre bei 104 dt TM ha⁻¹. Die Kornerträge betragen durchschnittlich 114 dt TM ha⁻¹. Daraus ergibt sich ein mittleres Korn:Stroh-Verhältnis von 1:0,9. In der Literatur wird dieses meist mit 1:1 angegeben (z. B. Pordesimo et al. (2004), Golub et al. (2012)). Abbildung 1 zeigt die Korn- und Stroherträge in Abhängigkeit vom Erntetermin des Versuchsjahres 2014 von Mitte Oktober bis Anfang November. Während sich die Kornerträge nicht veränderten (130 - 134 dt TM ha⁻¹), sanken die Stroherträge signifikant von 122 auf 106 dt TM ha⁻¹ ab, u. a. aufgrund zunehmender Blattverluste im Reifeverlauf. Dieser Trend zeigte sich auch in den anderen Versuchsjahren. In Bezug auf die TM-Gehalte wurden 2014 Werte im Bereich von 26 - 35 % ermittelt, wobei auch hier mehrjährig eine klare Abhängigkeit zum Erntezeitpunkt festgestellt werden konnte.

Im labortechnischen Maßstab erweist sich Körnermaisstroh als gut vergärbare und liefert vergleichsweise hohe Methanausbeuten. Im mehrjährigen Gesamtdurchschnitt (n = 78) wurde für Maisstroh eine spezifische Methanausbeute von durchschnittlich 318 Normliter je kg organischer TM (NI (kg oTM)⁻¹) ermittelt, wobei sich die Werte zwischen einem Minimum von 281 NI CH₄ (kg oTM)⁻¹ und einem Maximum von 356 NI CH₄ (kg oTM)⁻¹ bewegten.

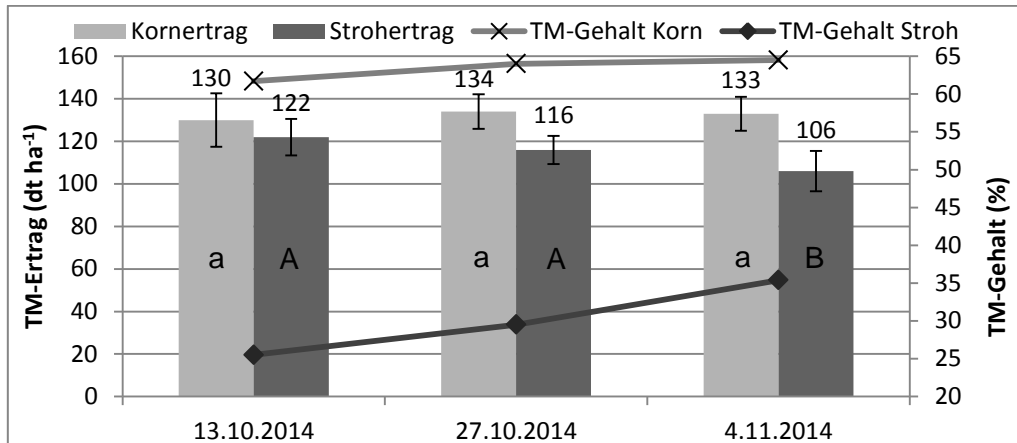


Abb. 1: Korn- und Stroherträge sowie TM-Gehalte im Verlauf der Erntetermine 2014 (Mittel der Sorten, n = 12; verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Kornerträgen, verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Stroherträgen (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$))

Damit erreicht Maisstroh rund 80 – 95 % der Methanausbeute von Silomais. Ein späterer Erntetermin führte in allen Versuchsjahren zu geringeren Methanausbeuten. 2013 sanken diese von $339 \text{ NI (kg oTM)}^{-1}$ (erster Erntetermin) auf $306 \text{ NI (kg oTM)}^{-1}$ (dritter Erntetermin), sodass die Methanhektarerträge signifikant von 3760 auf $3180 \text{ Nm}^3 \text{ CH}_4 \text{ ha}^{-1}$ fielen (vgl. Abbildung 2). Einflüsse der Sortenwahl waren hingegen nur von untergeordneter Bedeutung bzw. variierten stark in Abhängigkeit vom Jahreseffekt, sodass der Sorteneffekt noch nicht endgültig geklärt werden konnte. Ohne Berücksichtigung von Ernteverlusten kann 1 ha Maisstroh hinsichtlich des Methanhektarertrages etwa 0,45 ha Silomais ersetzen.

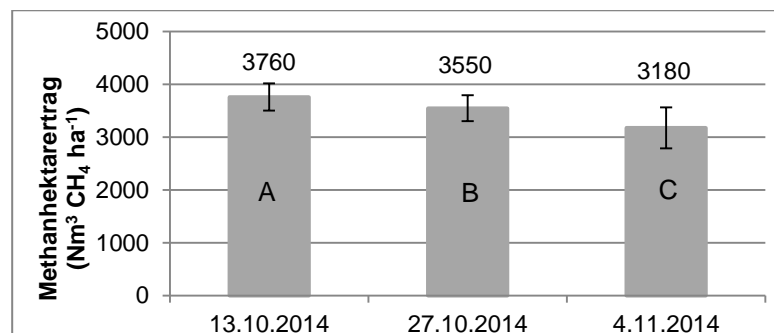


Abb. 2: Methanhektarerträge von Körnermaisstroh im Verlauf der Erntetermine 2014 (Mittel der Sorten, n = 12; verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede (Student-Newman-Keuls-Test, $\alpha = 0,05$))

Literatur

- Golub, M., Bojic, S., Djatkov, D., Mickovic, G., Martinov, M. 2012: Corn Stover Harvesting for Renewable Energy and Residual Soil Effects. *Agricultural Mechanization in Asia Africa and Latin America* 43 (4), 72-79.
- Pordesimo, L., Edens, W. Sokhansanj, S. (2004): Distribution of aboveground biomass in corn stover. *Biomass and Bioenergy* 26 (4), 337-343.
- VDI 4630 (2006). Richtlinie VDI 4630 - Vergärung organischer Stoffe Substratcharakterisierung, Probenahme, Stoffdatenerhebung, Gärversuche. Ver. Dtsch. Ingenieure.

Einfluss der Gärproduktdüngung auf die Ertragsbildung von Energiepflanzen und den Bodenzustand

Marieke Hoffmann¹, Kerstin Nielsen² und Frank Ellmer¹

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

² Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP)
E-Mail: marieke.hoffmann@hu-berlin.de

Einleitung

Gärprodukte aus der Biogaserzeugung sind wertvolle organische Dünger, die im landwirtschaftlichen Stoffkreislauf Nährelement- und Humusersatzfunktionen haben. Durch die Fermentation ändert sich die chemische Beschaffenheit von Nährstoffen und organischer Substanz, so dass sich Gärprodukte von herkömmlichen Wirtschaftsdüngern unterscheiden¹. Je nach Prozessparametern und Substrat der Anlagen zeigt sich außerdem eine hohe Variabilität ihrer Eigenschaften. Die Wirkungen der Düngung mit Gärprodukten auf die Ertragsbildung von Energiepflanzen sowie chemische, physikalische und biologische Bodenparameter werden seit 2011 mit einem vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur für Nachwachsende Rohstoffe (FNR) geförderten statischen Feldversuch untersucht.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort befindet sich in Berge (Brandenburg) auf einer Braunerde-Fahlerde (9,6 °C, 534 mm). Der einfaktorielle Parzellenfeldversuch umfasst neun Prüfglieder in vierfacher Wiederholung: Ungedüngte Kontrolle (Kon), Mineral-N-Dünger (KAS), Stallmist (StM), Rindergülle (RG) und fünf verschiedene Gärprodukte (Tabelle 1).

Tab. 1 Charakterisierung der eingesetzten Gärprodukte

Gär- produkte	Substrate (%)	Prozess- temperatur	Sepa- ration	Ausbringmenge 2015 (t ha ⁻¹ a ⁻¹ FM)
G1	50 % Maissilage, 50 % Schweinegülle	mesophil	-	48,4
G2	100 % Maissilage	thermophil	-	25,8
G3	35 % Maissilage, 15 % Grassilage, 50% Rindergülle	mesophil	-	37,9
G4_fe	30 % Maissilage, 30 % Grassilage, 30 % Rindergülle, 10 % Stallmist	mesophil	fest	11,8
G4_fl			flüssig	53,3

Alle organisch gedüngten Prüfglieder erhalten die gleiche organische Kohlenstoffmenge, die sich an der Düngung mit 12,5 t ha⁻¹ a⁻¹ Stallmist orientiert. Die Stickstoffunterschiede werden durch eine mineralische Ausgleichsdüngung kompensiert. In der Fruchtfolge stehen Silomais–Grünroggen/Sorghum–Grünroggen.

Die pflanzenbaulichen Untersuchungen umfassen die Parameter Trockenmasseertrag, Wuchshöhe und Blattflächenindex. Seit Versuchsbeginn werden vor jeder Düngung im Frühjahr und Herbst chemische Bodenparameter erfasst (z.B. der organische Kohlenstoffgehalt C_{org}). Des Weiteren erfolgten für den Oberboden Untersuchungen zur Makroaggregatstabilität (SAS nach Murer et al. (1993)²) sowie zur Zusammensetzung und Aktivität der mikrobiellen Gemeinschaft

(CLPP nach Fraç et al. (2012)³). Die statistischen Auswertungen erfolgten mit dem Tukey-Test ($\alpha=0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Während die Gärproduktvarianten 2015 bei Silomais 81-101 % des Trockenmasseertrages der KAS-Variante erreichten, waren es beim Grünroggen 2016 nur 49-86 % (Abb. 1, links). Die im Projektverlauf mehrfach aufgetretenen Mindererträge bei der Winterfrucht weisen auf eine geringere N-Verfügbarkeit der Gärprodukte gegenüber KAS hin.

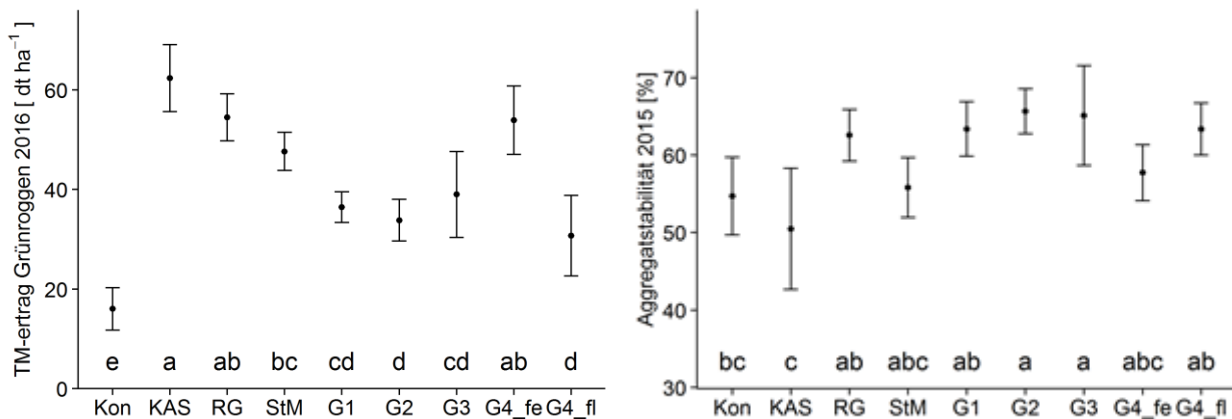


Abb. 1 Trockenmasseertrag des Grünroggens 2016 und Aggregatstabilität im Oberboden 2015

Kontinuierliche Bodenuntersuchungen ergaben eine zunehmende Differenzierung zwischen den Prüfgliedern. Die C_{org} -Gehalte im Boden nach Düngung mit unseparierten Gärprodukten waren 2015 mit denen nach Rindergülle vergleichbar und lagen über den C_{org} -Gehalten der KAS- und Stallmistdüngewariante. Die Untersuchung der Makroaggregatstabilität im November 2015 ergab signifikant höhere Werte für 4 Gärprodukte im Vergleich KAS (Abb. 1, rechts). Diese Ergebnisse deuten auf eine Förderung von günstigen Bodeneigenschaften durch die eingesetzten Gärprodukte hin, da diese zur Humusreproduktion und Strukturstabilität beitragen.

Die mikrobiellen Untersuchungen im Frühjahr 2015 zeigten eine Verminderung des bakteriellen Kohlenstoffabbaus bei reiner KAS-Düngung und eine Förderung für zwei Gärprodukte, Rindergülle und die Kontrolle. Weiterhin unterschied sich die heterotrophe bakterielle Population der Prüfglieder RG und G4_fl deutlich von KAS.

Literatur

Wragge, V., Sensel-Gunke, K. & Nielsen, K. Stoffliche Beschaffenheit von Gärprodukten aus Biogasanlagen. in Fachtagung Pflanzenbauliche Verwertung von Gärrückständen aus Biogasanlagen (2013).

Murer, E. J. et al. An improved sieving machine for estimation of soil aggregate stability (SAS). *Geoderma* 56, 539–547 (1993).

Fraç, M., Oszust, K. & Lipiec, J., 2012. Community level physiological profiles (CLPP), characterization and microbial activity of soil amended with dairy sewage sludge. *Sensors* (Basel, Switzerland), 12(3), pp.3253–68

Anbau von Energiemais in Mischkultur mit Stangenbohnen: Entwicklung und Optimierung des Anbausystems – Ergebnisse von drei Versuchsjahren an drei Standorten

Liina Nurk¹, Rüdiger Graß¹, Sabine Hubert², Carola Pekrun²
und Michael Wachendorf¹

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe; ² Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Institut für Angewandte Agrarforschung
E-Mail: gnr@uni-kassel.de

Einleitung

Der Mischanbau von Mais und Stangenbohne soll zu einer erhöhten ökologischen Verträglichkeit des Maisanbaus und zu einem höheren Proteingehalt des Futters bzw. Biogassubstrates beitragen. Dargestellt sind Ergebnisse vom dritten Versuchsjahr an drei Standorten mit der Bohnsorte „Anellino Verde“ (die ersten beiden Versuchsjahre sind den Tagungsbänden 2014+2015 zu entnehmen).

Material und Methoden

Versuchsstandorte: Neu-Eichenberg bei Witzenhausen (WIZ) (Universität Kassel), Tachenhausen (TAC) (HfWU Nürtingen-Geislingen) und Grub (GRU) (LfL Bayern). Im Jahr 2015 wurden Mais (Sorte Fernandez) und Stangenbohne *Phaseolus vulgaris* (Sorte Anellino Verde) mit unterschiedlichen Aussaatstärken (5 und 7,5 Körner pro m²), Saatzeiten der Bohne (früh (a) – 2-3 Blatt Stadium Mais und spät (b) – 5-6 Blatt Stadium Mais) und Mischungsverhältnissen (7,5 Körner (Kö) Mais (M) mit 7,5 Kö Bohne (B) = Variante 1; 7,5 Kö M mit 5 Kö B = Variante 2; 5 Kö M mit 7,5 Kö B = Variante 3 und 5 Kö M mit 5 Kö B = Variante 4) unter ökologischen Bedingungen in Witzenhausen und unter konventionellen Bedingungen in Tachenhausen und Grub in vierfacher Wiederholung gesät.

In Witzenhausen wurde Mais am 06. Mai ausgesät. Der erste Saattermin der Bohnen war der 29. Mai und der zweite der 26. Juni. In Tachenhausen wurde Mais am 10. April ausgesät. Der erste Saattermin der Bohnen war der 12. Mai und der zweite der 29. Mai. In Grub wurde Mais am 8. Mai ausgesät. Der erste Aussaattermin der Bohnen war der 1. Juni und der zweite der 13. Juni.

An allen drei Orten wurden die Bestandesentwicklung, der Biomasseertrag und der Methanertrag untersucht. Zur Methanpotentialmessung wurde eine Messreihe von Mais und Bohne mit Abstufungen von 12,5 % erstellt, angefangen von 100 % Mais bis zu 100 % Bohne, Mischungen wurden nach Frischgewichtsanteil erstellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenzahlen bei Mais stimmten mit den angestrebten Werten nicht überall komplett überein, wurden aber als akzeptabel eingestuft. Die Anzahl der Bohnen wurde an allen Standorten an beiden Aussaatterminen nahezu erreicht, da mehr Bohnen als angestrebt ausgesät und nach dem Aufgang auf die geplante Bestandesdichte reguliert wurden.

Im Jahr 2015 kam es aufgrund der Witterungsbedingungen zu großen Abweichungen in der Zusammensetzung und im Gesamtertrag zwischen den Standorten.

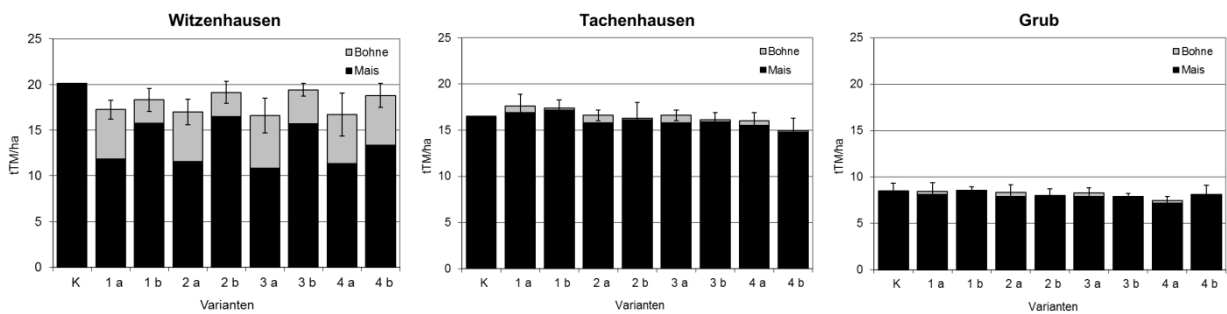


Abb. 1: Trockenmasseertrag ($t\ ha^{-1}$) Mais-Bohne-Mischanbau am drei Standorten, 3. Versuchsjahr 2015.

Den höchsten Trockenmasseertrag mit $20,1\ t\ ha^{-1}$ erzielte in WIZ die Kontrolle mit $10\ Kö\ M\ m^{-2}$ (K). Die Bohnenanteile in WIZ waren bei den früh gesäten Varianten mit 31-35% höher, bei gleichzeitig reduziertem Mais- bzw. Gesamtertrag. Mais bleibt auch bei reduzierter Saatstärke der Hauptertragsbildner. Generell waren die Gesamterträge der Varianten mit später Bohnensaat höher, was vermutlich mit der geringeren Konkurrenz durch die Bohnen mit der Folge erhöhter Maiserträge zusammenhing. In TAC und GRU lässt sich beim Gesamtertrag erkennen, dass es keine bedeutenden Unterschiede zwischen den Varianten gab ($16,0$ bzw. $8,0\ t\ ha^{-1}$). Die geringen Bohnenanteile an beiden Standorten mit Werten von 1-5 % und die niedrigen Erträge sind auf die starke Sommertrockenheit in 2015 zurückzuführen.

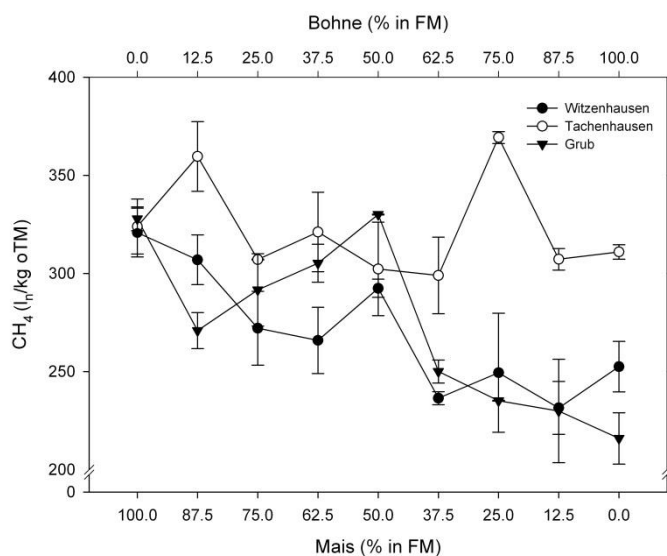


Abb. 2: Methanausbeute von Silagen unterschiedlicher Mais-Bohnen-Anteile (in %) bzw. von reiner Mais- und Bohnensilage.

Die Methanertragsmessungen zeigen und bestätigen den negativen Einfluss der Bohne auf die Methanausbeute. Je höher der Bohnenanteil, umso niedriger ist die Methanausbeute (von $325\ NI/kg\ oTM$ reine Maissilage – $220\ NI/kg\ oTM$ reine Bohnensilage in Grub). Die Methanertragswerte von Tachenhausen haben einen anderen Verlauf, vermutlich deshalb, da für die Silagen angewelkte Bohnen verwendet wurden. Die Gründe für die niedrigeren Methanausbeuten lassen sich nicht aus der chemischen Zusammensetzung ableiten und sind Gegenstand weiterer Forschungsarbeiten.

Diese Untersuchungen wurden durch die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR e.v.) gefördert

Literatur

- Nurk L., Graß R., Hubert S., Pekrun C., Wachendorf M. (2014): Misanbau von Energiemais mit Stangenbohnen. In: Mitt. Ges. Pflbauwiss. Bd. 26, 176-179.
- Nurk L., Graß R., Hubert S., Pekrun C., Wachendorf M. (2015): Misanbau von Energiemais mit Stangenbohnen. In: Mitt. Ges. Pflbauwiss. Bd. 27, 187-190.

Agroforstliche Landnutzung als Anpassungsstrategie an den Klimawandel

Michael Kanzler¹, Christian Böhm¹, Jaconette Mirck¹, Dieter Schmitt² und Maik Veste^{1,2}

¹Brandenburgische Technische Universität Cottbus-Senftenberg, Lehrstuhl für Bodenschutz und Rekultivierung, Konrad-Wachsmann-Allee 6, 03046 Cottbus; ²Universität Hohenheim, Institut für Botanik, Garbenstrasse 30, 70599 Stuttgart, E-Mail: kanzlmic@b-tu.de

Einleitung

Der parallele Anbau von Ackerfrüchten und Agrarholz in Agroforstsystemen führt zu einer ökologischen Aufwertung der landwirtschaftlichen Nutzfläche und hat auch positive Auswirkungen auf das Mikroklima zwischen den Gehölzstreifen. Bei streifenförmigen Agroforstsystemen (Alley Cropping) in Brandenburg konnte eine deutliche Reduktion der Windgeschwindigkeit und von Temperaturextremen sowie ein Anstieg der relativen Luftfeuchtigkeit beobachtet werden (Böhm et al. 2014, Kanzler et al. 2015). Eine Reduzierung der Windgeschwindigkeit führt zudem zu einer Minderung der potentiellen Evaporation. Dabei stellt sich die Frage, wie sich diese Veränderungen kleinräumig auf die gemessene Evaporation und auf die Produktivität der Ackerkulturen auswirken.

Material und Methoden

Die Untersuchungen werden seit März 2016 auf einem 40 ha großen Agroforstschlag bei Neu Sacro (Landkreis Spree-Neiße, Brandenburg) durchgeführt. Die Abstände zwischen den Agrarholzstreifen betragen 24, 48 und 96 m. In regelmäßigen Abständen (3, 9, 15, 24 m) zu den Gehölzstreifen (Pappel Max 3, ca. 3,5 - 4 m Höhe) wurden 52 Datalogger (Hobo V2 Pro) zur Aufzeichnung der Lufttemperatur und relativen Luftfeuchte, 8 Wetterstationen (Globalstrahlung, Niederschlag, Windgeschwindigkeit), 5 zusätzliche Anemometer und 21 Verdunstungsmesser nach Piche in der Ackerkultur installiert. Die Klimadaten wurden in einem Intervall von 10 Minuten aufgezeichnet und separat nach Tag (6-21 Uhr) und Nacht (21-6 Uhr) ausgewertet. Der Blattflächenindex des Winterweizens wurde an den mikroklimatischen Messpunkten und auf der Referenzfläche mit einem LiCor-2200 Plant Canopy Analyzer im Juni 2016 gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pappel-Gehölzstreifen übten trotz ihrer vergleichsweise geringen Höhe von durchschnittlich nur etwa 4 m einen erheblichen Einfluss auf das Mikroklima aus. So waren die maximalen Tagestemperaturen im Vergleich zur nahegelegenen, Referenzfläche (die Mitte des 96 m breiten Ackerstreifens) vom 29. Mai bis zum 21. Juni durchschnittlich um bis zu 1,2 °C niedriger (Abb. 1a). An Tagen mit > 30°C, wie beispielsweise am 30.5., wurde in einer Entfernung von 9 m auf der Luvseite (Osten) sogar ein Temperaturunterschied von ca. 3,4 °C festgestellt. Die maximalen Nachttemperaturen (Abb. 1b) wichen im Untersuchungszeitraum dagegen nur geringfügig ab, waren aber tendenziell im windgeschützten Leebereich (Westen) der Gehölzstreifen niedriger als an den übrigen Messpunkten. Deutliche Unterschiede ergaben sich für die relative Luftfeuchtigkeit im Nahbereich der Gehölzstreifen. In einer Entfernung von 3 m (Ost und West) lagen die Tagesminima im Durchschnitt 19 % höher als auf der Referenzfläche. Die Windgeschwindigkeit wurde bis zu einer Entfernung von 9 m noch deutlich reduziert.

Die Windreduktion im Leebereich (Osten) lag im Vergleich zur Referenzfläche bei etwa 23 %, in 3 m Entfernung bei ca. 32 %. Die Minderung der Evaporation betrug bis zu 56% gegenüber der Referenzfläche (Abb. 2a). Räumliche Unterschiede konnten zu dem auch bezüglich des Blattflächenindex (LAI) des Winterweizens festgestellt werden, die größtenteils über dem gemessenen LAI einer benachbarten Freifläche lagen (Abb. 2b).

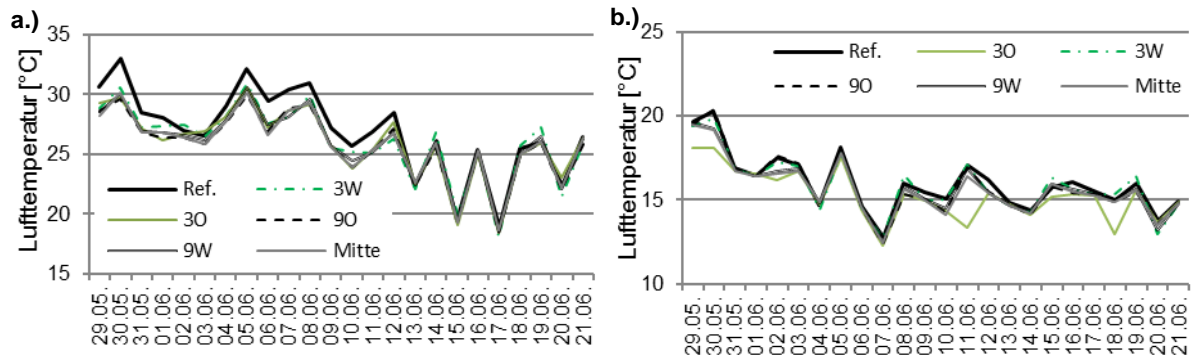


Abb.1: Maxima der Lufttemperatur in verschiedenen Abständen zu den Gehölzstreifen auf einem 48m breiten Ackerstreifen im Vergleich zur Referenzfläche bei a.) Tag (6-21 Uhr) und b.) Nacht (21 -6 Uhr).

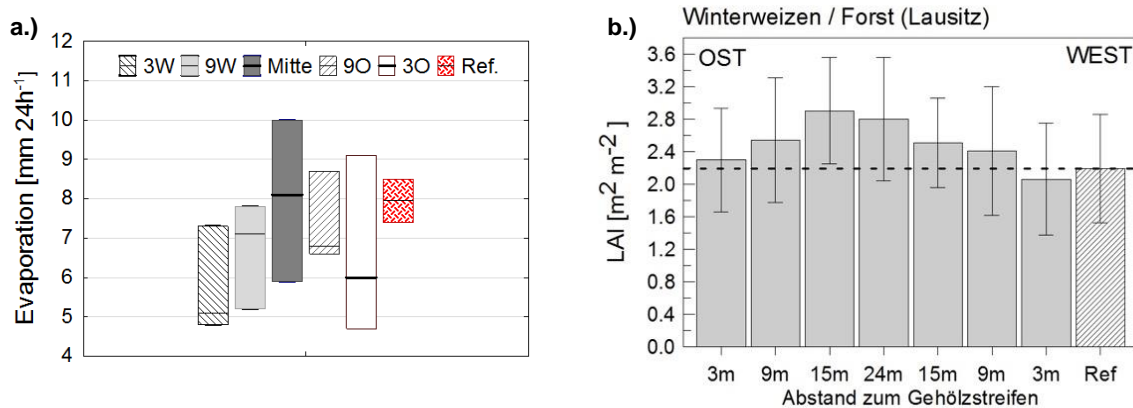


Abb.2: Räumliche Variabilität der (a) verdunsteten Wassermenge n. Piche (Median inklusive der 25. und 75. Perzentile, n=3) und (b) des Blattflächenindex (LAI; Mittelwerte und Standardabweichung) der Ackerkultur (Winterweizen) in Abhängigkeit zu den Gehölzstreifen im Vergleich zur nahegelegenen Freifläche (Ref).

Diese ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass neben der Windgeschwindigkeit auch hohe Temperaturen sowie die Wasserverdunstung im Bereich der angrenzenden Ackerkulturen gemindert werden konnte und sich diese mikroklimatischen Unterschiede auch auf das Wachstumsverhalten des Winterweizens auswirken. Die verminderte Evapotranspiration könnte die Wasserausnutzungseffizienz der Ackerkulturen steigern und die Auswirkungen der Klimavariabilität (Dreesen et al. 2012) mildern. Somit könnten Agroforstsysteme auch in Mitteleuropa eine entscheidende Rolle für Maßnahmen zur Anpassung des Ackerbaus an den Klimawandel darstellen.

Literatur

- Böhm, C., Kanzler, M., Freese, D. (2014) Wind speed reductions as influenced by woody hedgerows grown for biomass in short rotation alley cropping systems in Germany. *Agroforest Syst* (2014) 88: 579-591.
- Dreesen FE, De Boeck HJ, Janssens IA, Nijs I. 2012. Summer heat and drought extremes trigger unexpected changes in productivity of a temperate annual/biannual plant community. *Environmental and Experimental Botany* 79: 21-30.
- Kanzler, M., Böhm, C., Mirck, J. und Freese D. (2015): Variabilität des Mikroklimas im Einflussbereich der Gehölzstreifen eines Agroforstsystems. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 27: 77-78.

Adaptation strategies for sustainable wheat production under climate change

Elnaz Ebrahimi

University of Natural Resources and Life Sciences, Dept. of Crop Sciences, Division of Agronomy, Konrad Lorenz-Str. 24, 3430 Tulln, Austria E-Mail: elnaz.ebrahimi@boku.ac.at

Introduction

Recent climate change projections for Central Europe suggest an increase in mean temperature of 0.7 to 2 °C, a decrease in precipitation, and an increase in CO₂ concentration (up to 500-700 ppm) by 2050 (IPCC 2013). Sustainable production of common wheat and durum wheat with reduced level of external inputs under climate change is recognized to be one of the most complex problems facing the globe. Therefore, autonomous adaptation options such as adjustments of sowing dates and fertilizer application, must be considered in the context of resource management for individual crop production (Mandryk et al. 2012). Additionally, robust root system development is essential for optimum wheat (W) grain yield (Munoz-Romero et al. 2010). Indeed, to address the effect of climate change, a research agenda should follow a holistic approach that brings together genetic improvement, crop management, capacity building and knowledge sharing. The objective of this research is to assess the adaptation strategies for sustainable wheat production to support farmers' decision making regarding the choice of adaptation strategies in response to changes in climate.

Material and methods

The field studies were conducted for W root assessments (EXP.I) and for developing adaptation strategies (EXP.II), at the Experimental Farm of BOKU University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna-Austria. The accumulated yearly precipitation and mean air temperature during the experimental period are presented in Table 1. The soil is classified as a chernozem with pH 7.2.

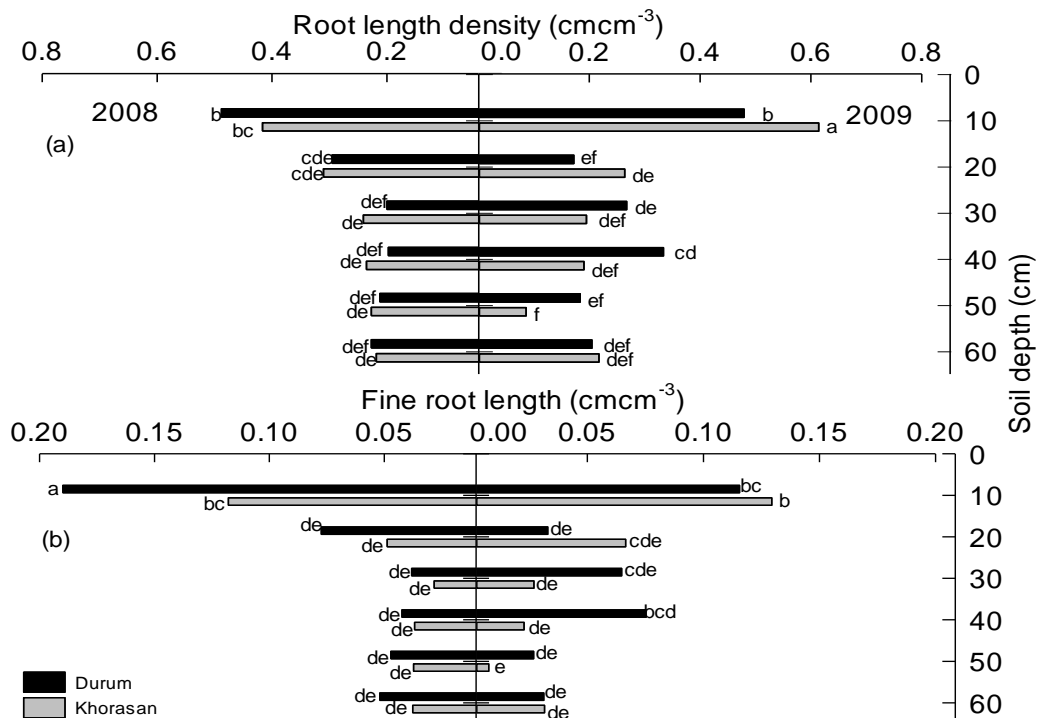
In Exp.I, two tetraploid W genotypes, i.e. Durum (*Triticum durum* Desf.) and Khorasan (*Triticum turanicum* Jakubz) were sown in Mid-March. Root samples (core sampling method) were scanned and analyzed using the WinRHIZO software. In Exp.II, two sets of field data used for the parameterization and evaluation (data are not presented) of "Agricultural Production Systems Simulator" (APSIM; Ebrahimi et al. 2015) were sampled. A simulation study was conducted to predict different adaptation strategies for a sustainable W production under current and future conditions. Baseline climate (BL, 385 ppm CO₂; 1981-2010) and climate change scenarios for the period 2035-2065 were derived from three (CGMR, IPCM4, MPEH5) Global Circulation Models (GCMs) with two emission scenarios, A1B (536 ppm CO₂) and B1 (490 ppm CO₂), respectively. Crop management scenarios included a factorial combination of three sowing dates (20 Sep, 20 Oct, 20 Nov) with four N fertilizer application rates (60, 120, 160, 200 kg N ha⁻¹). Each management scenario was run for 100 years of stochastically generated daily weather data. All measured data were analyzed statistically by SAS PROC GLM & Minitab statistical software. Mean values were compared using the Fisher LSD method with 95% Confidence (i.e. P < 0.05).

Table 1 Sowing times, annual precipitation (mm), mean annual temperature (°C) during experimental years, factors and main treatments for each experiment from 2008 to 2012.

Sowing time	Precipitation (mm)	Temperature (°C)	Factors	Trait
Experiment I.				
Spring 2008	612	11.7	Genotype Soil depth	Root length density, fine roots, root diameter, surface area, root & shoot biomass
Spring 2009	556	11.5		
Experiment II.				
Autumn 2010	686	10.2	Sowing date (SD)	W yield, protein content, N uptake
Autumn 2011	400	11.7	N rate (N)	

Results and Discussion

All root traits were significantly affected by year, genotype and depth except root diameter that was consistently different between genotypes. Both genotypes reduced shoot biomass in the dry season of 2009 compared with 2008 but strategies of the genotypes to cope with less available water were different. Khorasan increased root length density (Fig. 1 a), surface area, volume, capacitance and biomass in response to the dry conditions 2009, thus investing more assimilates in roots. The shoot growth reduction compared to 2008 was not inhibited. Brouwer & de Wit (1969) emphasize the dynamic balance between roots and shoot growth. Deficiency in water supply can result in increased root growth. Durum W reduced leaf area and fine roots (Fig. 1 b) in the dry year, which also did not protect against biomass reduction. Khorasan, however, did not reduce fine roots in dry condition. The dry condition induced larger root diameters in both genotypes across both years and all soil depths. Many studies on drought tolerance indicate that large-diameter roots can better penetrate dry surface soil layers, which facilitates the development of a deep root system and consequently better drought tolerance (Bengough et al. 2006).

**Figure 1** Root traits of two wheat genotypes as affected by year and soil depth. a: root length density, b: fine root length, (bars marked with different letters are significantly different within one trait)

According to simulations, under the BL scenario, W yield ranged from a minimum of 1345 kg ha⁻¹ to a maximum of 7855 kg ha⁻¹ with an average of 5002 kg ha⁻¹. The simulated W yields under climate change scenarios varied substantially among the three GCMs. While the results for the CGMR model did not differ significantly from the BL scenario, W yields under IPCM4 projections were reduced by 30% (B1) to 33% (A1B). The adverse effect of climate change on W yield in our simulations may be attributed to higher temperatures leading to an acceleration of phenological development. This can ultimately result in reduced yield due to a shortening of the length of the growing season, especially the grain filling period (Asseng et al. 2014). Under BL conditions, shifting sowing date from late September to late November resulted in a marked decrease in grain yield (Fig. 2 a). Under extreme scenario of IPCM4 the yields of crops sown at SD2 and SD3 were reduced by 17 % and 29%, respectively, compared to SD1. While shifting W sowing from SD1 to SD2 caused a yield decrease of 13% in the BL scenario, the corresponding average yield reduction under climate change was 19%. The lowest grain yield (2438 kg ha⁻¹) was simulated for crops sown in November (SD3) with IPCM4-A1B scenario. Earlier sowing and use of longer season cultivars have previously been suggested as adaptive strategies to climate change (Olesen & Bindi 2002). Gouache et al. (2012) tested advancing sowing date to 20 September and using an earlier cultivar and concluded that adaptation through earlier sowing dates was least efficient but selecting earlier heading cultivars was somewhat efficient to skip the summer heat stress. Under BL conditions, increasing the rate of N fertilizer resulted in higher simulated W yields at all three sowing dates, although the positive effect of N fertilization on grain yield diminished with delaying of sowing date (Fig. 2 a, b).

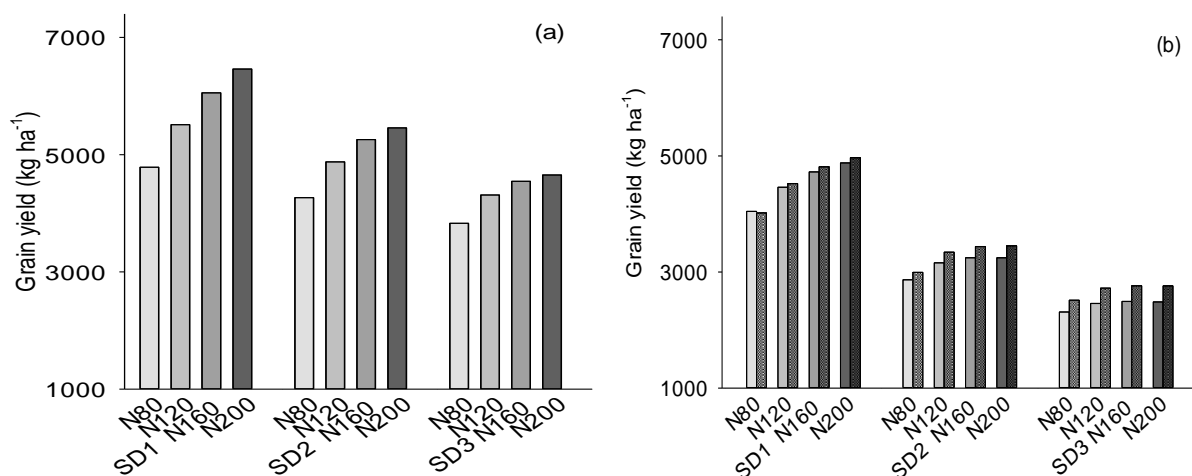


Figure 2 Simulated grain yield under baseline (1981-2010) (a) and under IPCM4 with two emission scenarios (A1B=dark, B1=light bars) (b) as affected by crop management (sowing date x N rate)

Only in earliest sown crops the increase in N rate from 160 to 200 kg N ha⁻¹ resulted in considerably higher grain yields. Apparently, N fertilizer application dates will be earlier in the future in order to account for the effect of climate change on W phenology. Barraclough et al. (2010) reported that fertilizer efficiency can be improved by matching N applications to crop demand, which is affected by weather and soil conditions. For optimizing N management in winter W, the rate and timing of fertilizer application need to be adjusted in order to increase economic yield production while reducing the detrimental environmental impacts of N losses from

agricultural fields (Gastal & Lemaire 2002). According to our observations, it is evident that selecting efficient and applicable management adaptation options as well as suitable cultivars will play a key role to support sustainable W production in the future.

References

- Asseng, S., Ewert, F., Martre, P., Rötter, R.P., Lobell, D.B., Cammarano, D., Kimball, B. A., Ottman, et al. (2014). Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change* 5, 143–147.
- Barraclough, P.B., Howarth, J.R., Jones, J., Lopez-Bellido, R., Parmar, S., Shepherd, C.E., Hawkesford, M.J. (2010). Nitrogen efficiency of wheat: genotypic and environmental variation and prospects for improvement. *European Journal of Agronomy* 33, 1-11.
- Bengough, A.G., Bransby, M.F., Hans, J., McKenna, J.S., Roberts, T.J., Valentine, T.A. (2006). Root responses to soil physical conditions; growth dynamics from field to cell. *Journal of Experimental Botany* 57, 437–447.
- Brouwer, R., de Wit, C.T. (1969). A simulation model of plant, growth with special attention to root growth and its consequences. In: W.J. Whittington (ed.) *Root growth*. Plenum Press, New York 224–244.
- Gastal, F., Lemaire, G. (2002). N uptake and distribution in crops: an agronomical and Eco-physiological perspective. *Journal of Experimental Botany* 53, 789-799.
- Gouache, D., Le Bris, X., Bogard, M., Deudon, O., Pagé, C., Gate, P. (2012). Evaluating agronomic adaptation options to increasing heat stress under climate change during wheat grain filling in France. *European Journal of Agronomy* 39, 62-70.
- Mandryk, M., Reidsma, P., Ittersum, M. K. (2012). Scenarios of long-term farm structural change for application in climate change impact assessment. *Landscape Ecology* 27, 509–527.
- Munoz-Romero, V., Benítez-Vega, J., López-Bellido, L., López-Bellido, R.J. (2010). Monitoring wheat root development in a rainfed vertisol: Tillage effect. *European Journal of Agronomy* 33,182-187.
- Olesen, J.E., Bindi, M. (2002). Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *European Journal of Agronomy* 16, 239-262.

Assessing the impact of heat and drought on crop yield across scales

Ehsan Eyshi Rezaei¹, Stefan Siebert¹ und Frank Ewert^{1, 2}

¹ Institute of Crop Science and Resource Conservation, University of Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 Bonn, Germany, E-Mail: eeeyshire@uni-bonn.de; ² Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research, Institute of Landscape Systems Analysis, D-15374 Müncheberg, Germany

Introduction

The rise in frequency and magnitude of heat and drought events are considered as the most critical yield reduction factors under climate change conditions (Rosenzweig et al., 2001). High temperatures during the growing season not only decline the effectiveness of growth processes such as photosynthesis, but also accelerate crop development (Wheeler et al., 2000).

Crop growth models are widely used tools to assess the effects of extreme events on crop yield and to improve the understanding of associated processes (Asseng et al., 2013). However, most of the crop growth models applied at large scales have been established and tested at the field scale. Large scale climate impact assessments mainly use gridded weather or climate and soil data interpolated between climate stations or soil observations (Harris et al., 2014).

Aggregation or averaging of input variables from high to low resolutions, decrease the variability of climate and soil variables (Diffenbaugh et al., 2005). Little is known on the impact of data resolution on mean heat and drought stress calculated across large areas and which data resolution is required to reproduce spatial patterns of stressors and crop yield. Therefore, a set of studies was performed to improve modeling of crop heat stress, with a focus on the relationship between rising temperature, crop phenology and crop heat stress, on the interaction of heat and drought and on the upscaling of model results to regional and global scales.

Materials and methods

Study 1: A review study was set up to understand how crop growth processes respond to short episodes of high temperature with explicit focus on wheat, maize and rice. In addition, possible ways towards improving heat stress algorithms in crop models were investigated.

Study 2: The impact of the observed warming trend on winter wheat (*Triticum aestivum* L.) phenology and crop heat stress were evaluated for Germany and for the period 1951-2009. Phenology and temperature observations were obtained from the German Meteorological Service (DWD) and interpolated to 1 km × 1 km resolution across croplands of Germany. The intensity of heat stress around anthesis, called stress thermal time (STT), was calculated by accumulating hourly temperatures above a critical threshold of 27°C for a three weeks period beginning one week before heading. Segmented, piecewise linear regression was used for the analysis of trends in temperature, phenology and heat stress intensity.

Study 3: A modelling study was conducted to investigate the effects of climate and soil input data aggregation on heat and drought stress simulated for winter wheat grown across Germany for the period of 1980-2011. Daily climate data and soil

characteristics were interpolated to 1 km × 1 km resolution based on data obtained from the German weather service (DWD) and the BÜK 1000 N dataset, respectively. Climate and soil data were aggregated to 4 different resolutions including 10 km × 10 km, 25 km × 25 km, 50 km × 50 km and 100 km × 100 km across croplands of Germany. We compared winter wheat yields simulated with the process based crop model solution (SIMPLACE<LINTUL2-CC,HEAT>) at 1 km × 1 km resolution to those simulated with aggregated input data.

Study 4: 30 wheat crop models participating in the Agricultural Model Intercomparison and Improvement Project (AgMIP) were calibrated and tested by using data collected at field experiments with artificial heating. Wheat growth and yield was simulated for three temperature scenarios including baseline, +2 and +4 °C relative to the period 1980-2010 for 30 wheat growing locations across the globe.

Results and discussion

Study 1: The review study indicated that negative impacts of high temperatures on crop yield are expected to become more intense under climate change. Temperature thresholds clearly differed among the growth processes and for the analyzed species. The reproductive phase (anthesis and grain filling stage) was found to be the phase most sensitive to heat stress (Rezaei et al., 2015a). Furthermore it was suggested that modelling of heat stress effects on crops under field conditions can be improved by considering canopy temperature. This may also provide a mechanistic basis to link heat and drought stress in crop models. Often, these two stresses occur simultaneously (Rezaei et al., 2015a).

Study 2: The segmented, piecewise linear regression of day of heading on mean temperature in period March to May showed a breakpoint in year 1975 (Rezaei et al., 2015b). The results of the trend analysis showed a considerable increase in growing season mean temperature (~1.8°C for the period 1976-2009 after the breakpoint). Because of the substantial temperature increase the heading date of winter wheat was shifted by 14 days to the cooler parts of the growing season and compensated partly for the effect of climate change on heat stress intensity (Figure 1). Without this advancement in phenology, STT would have increased by 59% (Rezaei et al., 2015b).

Study 3: Aggregation of weather and soil data changed the mean and median of simulated heat and drought stress only slightly (Rezaei et al., 2015c). There was also no remarkable difference in mean yields of winter wheat when comparing the model results for the resolutions ranging from 1 km × 1 km to 100 km × 100 km (Figure 2). However, high resolution input data was essential to reproduce the spatial variability of crop yield for regions with heterogeneous climate and soil conditions (Figure 3) (Rezaei et al., 2015c).

Study 4: Most of the crop models showed a suitable performance when simulating wheat yield but the accuracy of model results declined for locations and years with high heat stress intensity. In general, the variability of model outputs also increased for the temperature increase scenarios (+2 and +4) when compared to the baseline (Figure 4). The findings of this study indicate a 6% decline in global wheat production per 1 °C further increase in temperature (Figure 4) (Asseng et al., 2015).

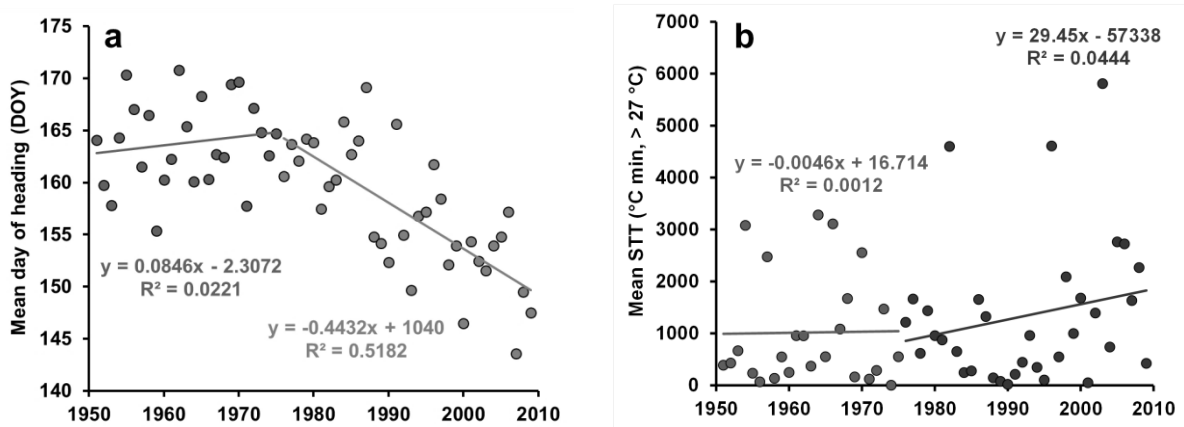


Fig. 1. Trend of mean day of heading (a) and mean stress thermal time (STT) (b) calculated across Germany for the periods 1951-1975 and 1976-2009 (Rezaei et al., 2015b).

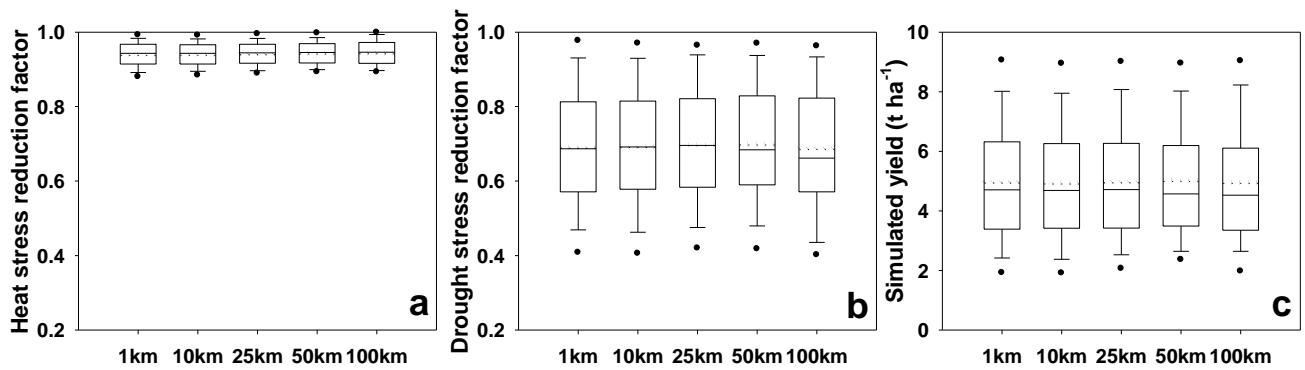


Fig. 2. Boxplots of heat (a), and drought (b) stress reduction factors (for the extreme year 2003) and crop yield (1980-2011) (c) simulated at different resolutions across Germany. (Dashed line: mean, solid line: median; upper point and lower point show 5th and 95th percentiles, respectively) (Rezaei et al., 2015c)

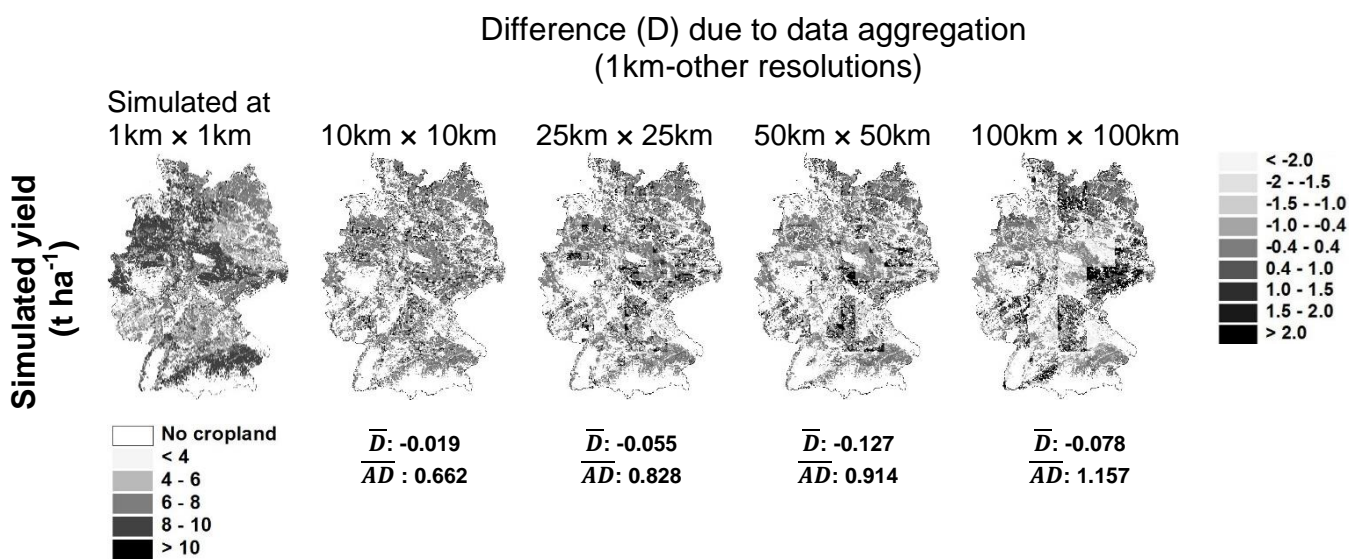


Fig. 3. Impact of data aggregation on yield for the period 1980-2011 simulated at different spatial resolutions. (\bar{AD} : mean absolute difference at county scale and \bar{D} : mean difference at country scale) (Rezaei et al., 2015c).

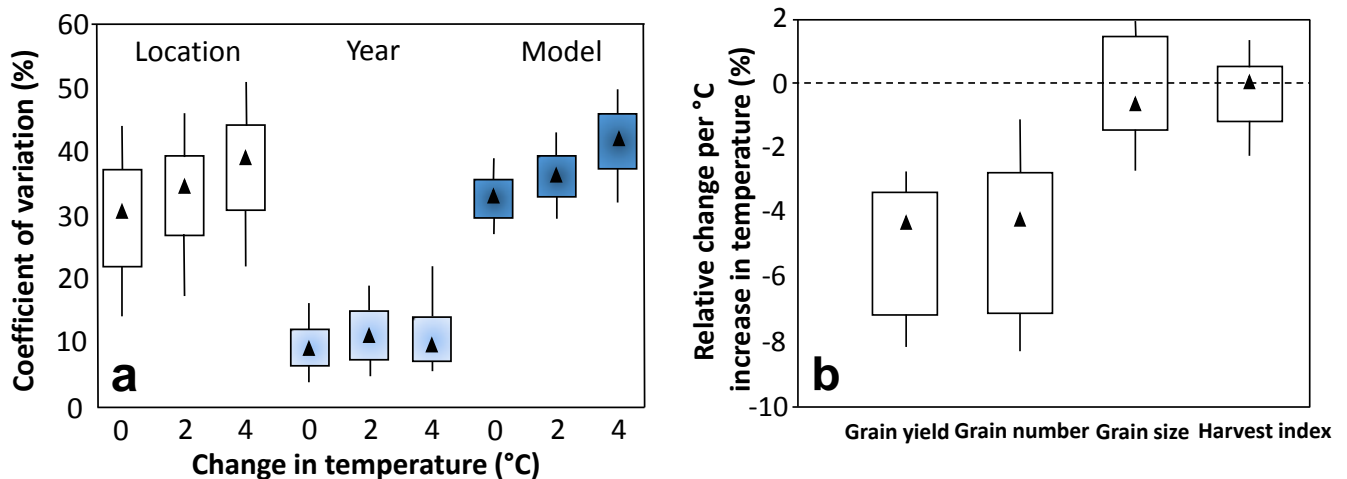


Fig. 4. Coefficient of variation for simulated grain yield across locations, years and models (a) and box plots of multi-model outputs for relative change in grain yield, grain number, grain size and harvest index per °C increase (b) (Asseng et al., 2015).

References

- Asseng, S. et al., 2013. Uncertainty in simulating wheat yields under climate change. *Nature Climate Change*, 3: 827-832.
- Asseng, S. et al., 2015. Rising temperatures reduce global wheat production. *Nature Climate Change*, 5: 143-147.
- Diffenbaugh, N.S. et al., 2005. Fine-scale processes regulate the response of extreme events to global climate change. *PNAS*, 102: 15774-15778.
- Harris, I., et al., 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations—the CRU TS3.10 Dataset. *International Journal of Climatology*, 34: 623-642.
- Rezaei, E.E. et al., 2015a. Heat stress in cereals: Mechanisms and modelling. *European Journal of Agronomy*, 64: 98-113.
- Rezaei, E.E. et al., 2015b. Intensity of heat stress in winter wheat—phenology compensates for the adverse effect of global warming. *Environmental Research Letters*, 10: 024012.
- Rezaei, E.E. et al., 2015c. Impact of data resolution on heat and drought stress simulated for winter wheat in Germany. *European Journal of Agronomy*, 65: 69-82.
- Rosenzweig, C., et al., 2001. Climate change and extreme weather events; implications for food production, plant diseases, and pests. *Global Change and Human Health*, 2: 90-104.
- Wheeler, T.R., et al., 2000. Temperature variability and the yield of annual crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 82: 159-167.

Impacts of crop land use change with climate change on agricultural nitrogen and phosphorus transport

Bano Mehdi¹, Bernhard Lehner² and Ralf Ludwig³

¹ Department of Crop Sciences, Division of Agronomy, University of Natural Resources & Life Sciences, Vienna, Konrad Lorenz Str. 24, 3430 Tulln; ² Department of Geography, McGill University, 805 rue Sherbrooke, H3A 0B9 Montreal; ³ Department of Geography, Ludwig Maximilians University, Luisenstrasse 37, 80333 Munich. E-Mail: bano.mehdi@boku.ac.at

Introduction

Crop production is one of the largest contributors to non-point source pollution (Bouwer, 2000). Historical agricultural land use change has been found to increase nitrate concentrations in surface water (Green et al., 2014), including nitrate, phosphorus and sediment loads (Schilling et al., 2008). A study on maize production in the Chesapeake Bay showed how farmer decisions can impact nitrogen loads in the watershed (Abler et al., 2002).

The crops chosen by farmers and their management practices, especially the amount and type of fertilizer applied, will principally influence the N and P loads in a watershed. Crop land use continuously evolves based on a myriad of factors; in addition, climate change can influence the types of crops grown. Once the N and P are added, nutrient transportation from fields is affected by the magnitude and the frequency of precipitation; especially by the rainfall intensity and the antecedent soil moisture content (Liu et al., 2014).

We undertook a comparative study in two agricultural watersheds (Altmühl River, Germany and the Pike River, Canada) to investigate future crop land use change and climate change impacts on nitrate and total phosphorus concentrations in surface water to the 2050 horizon.

Material and Methods

Part of the research was carried out in the Altmühl watershed in southern Germany. The upper portion of the Altmühl watershed was examined to the gauge in Treuchtlingen (area of 980 km²). The land use in the watershed is 60% agricultural (mainly winter and summer cereals, pasture and maize) and 30% forest.

A second part of the research was carried out in the Pike River watershed (area of 629 km²) and straddling Québec and Vermont. The watershed is 54% agricultural (mainly pasture and maize) and 38% forest.

To determine which crops may be grown in the future, agricultural land use change storylines were developed with local farmers and stakeholders in each watershed. Two land use scenarios were developed for both watersheds: “Business as usual” (BAU) in which the current land use trends continue and were extrapolated for the time period considered; and the “Farmer decisions prevail” (FARM) was based on responses to a questionnaire sent to farmers in the watershed to determine their decision-making factors regarding crop choices. Additionally, in the Altmühl, a third land use scenario “Agricultural policies dominate” (CAP) was developed which assumed subsidies and monetary stimuli were the predominant drivers of land use change. The crop changes that took place in each of the land use scenarios each year were quantified.

The yearly crop changes were spatially distributed in their respective watershed using the CLUE-S land use model (Verburg et al., 2002). Next, each land use scenario for each year was applied as a raster layer to the hydrological model SWAT (Soil and Water Assessment Tool; Arnold et al., 1998). The model was run on a daily time step to quantify the monthly changes to total phosphorus (TP) and on nitrate nitrogen (NO_3^- -N) concentrations at the river outlet of each watershed.

Climate change simulations for each watershed from RCM data were available. Each simulation from the RCM was driven by a coupled GCM for the time periods 1970-2000 and 2041-2070. A suite of coherent sets of climate variables of temperature, precipitation, relative humidity, solar radiation and wind speed were used. The global climate models either had the A1B or the A2 greenhouse gas emission SRES projection (Nakicenovic et al., 2000).

To evaluate the impacts of the land use change with climate change, the SWAT model was applied to the watershed to examine streamflow, as well as NO_3^- -N and TP loads for both the historic (1970-2000) and the future (2041-2070) periods. The results show NO_3^- -N in the FARM land use scenario with climate change simulations.

Results and Discussion

For the FARM land use change scenario in the Altmühl, the total area of agricultural land decreased by 4% (compared to -5% historically). Almost half of the farmers stated they would be abandoning their farm, while nearly two-thirds of farmers wanted to expand their farm, but constraints to expand agricultural areas are the high prices of land rental (up to € 800 ha^{-1}) and the shortage of crop land.

The main crops grown by the farmers were cereals and maize. Forages (clover), vegetables, oilseeds (rape seed), potatoes and sugar beets were grown to lesser extents. Over 85% of farmers indicated they would continue to grow the same main crops in the future. New crops they had not planted before included biofuel crops or soybean. As well, almost half of the farmers indicated they would possibly alter some of their crops or management practices in the future if the growing period increased.

Due to the future configuration of crops in the Altmühl watershed, the average amount of fertilizer applied in the watershed was greatest in the CAP (112 kg N ha^{-1} , 36 kg P ha^{-1}) then in the FARM (108 kg N ha^{-1} , 35 kg P ha^{-1}) and was lowest in the BAU (107 kg N ha^{-1} , 35 kg P ha^{-1}) scenario.

Table 1. Altmühl watershed land use areas in 2008 with percentage crop change for the FARM scenario

	2008	FARM	Difference
	ha	ha	%
Cereals	22331	17932	-19.7
Forest	38322	39831	+3.9
Legumes (soybean, peas)	1269	4840	+281.4
Maize (silage or grain corn)	8236	12301	+49.4
Oilseeds (rapeseed, sunflower)	2788	3079	+10.4
Other (orchard, nuts, berries)	199	266	+33.7
Pasture (including hay)	20900	14855	-28.9
Perennials (switchgrass, miscanthus)	38	500	+1216
Rangeland	1517	1236	-18.5
Tubers & vegetables	371	14	-96.2

In the Pike River, for the FARM scenario, the total agricultural land area remained constant. Maize increased by 3.9%, but soybean declined by 0.4%. Cereal areas increased slightly (by 65 ha; 0.1%). There is more crop diversity such as switchgrass used as a potential biofuel, cherry orchards replace the apple trees, and vegetables (sweet corn, squash) and strawberries increased.

The FARM scenario had future average fertilizer applications of 59 kg N/ha and 31 kg P/ha, and the BAU scenario had an average of 56 kg N/ha and 30 kg P/ha. Comparatively, the reference simulation had 61 kg N/ha and 32 kg P/ha.

Table 2. Pike River watershed land use areas in 2011 with percentage crop change for the FARM scenario

	2011 ha	FARM ha	Difference %
Cereals	677	742	+9.6
Forest	24253	24139	-0.5
Maize	10552	12984	+23.0
Hay (pasture, grass, alfalfa)	8087	7650	-5.4
Orchard	1031	1020	-1.1
Other ag land	8824	6882	-22.0
Rangeland	1252	1247	-0.4
Soybean	3250	3462	+6.5
Switchgrass	102	51	-50.0
Vegetables	237	356	+50.2

The combined simulated impacts of land use change with climate simulations caused the NO_3^- -N concentration limit of 11 mg/L to be frequently exceeded at the Treuchtlingen gauge, especially from October to January which also coincided with a decrease in future streamflow. The extreme values (shown by the outliers in Figure 1) caused by the high variability in NO_3^- -N concentrations always surpassed 11 mg/L every month, which was not observed from 1971-2000.

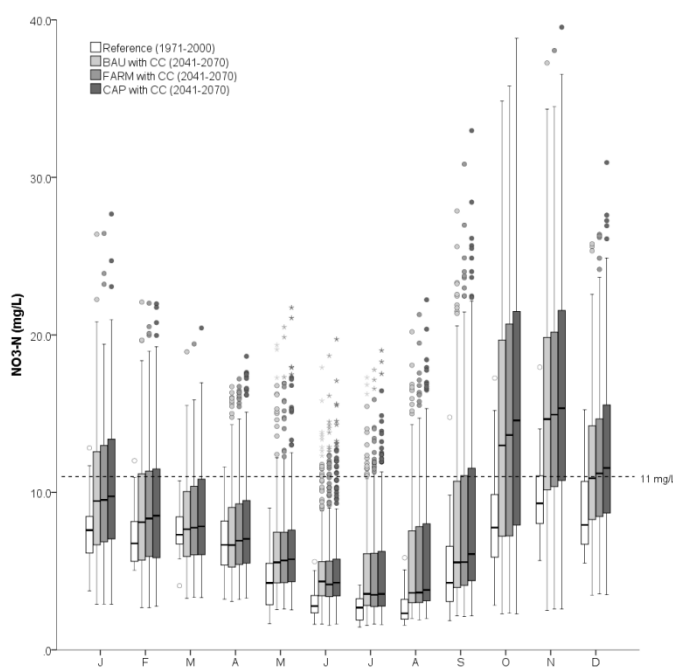


Figure 1. Concentration of SWAT simulated NO_3^- -N (mg/L) at the Altmühl outlet for the land use change scenarios combined with the climate simulations representing the period 2041-2070, compared with the reference simulation (white boxes). The dotted line is the water criterion of 11 mg NO_3^- -N/L.

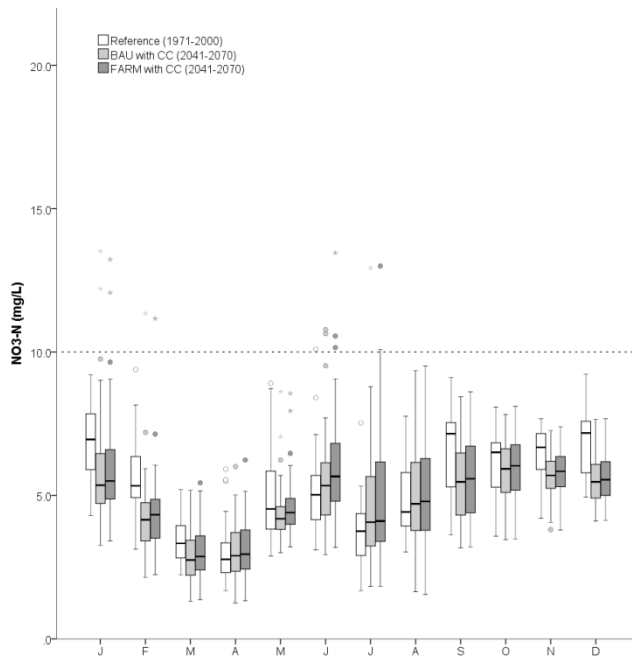


Figure 2. Concentration of SWAT simulated NO_3^- -N (mg/L), at the Pike River outlet for the land use change scenarios combined with climate change simulations, representing the period 2041-2070, compared to the reference simulation (white boxes). The dotted line is the water quality criterion of 10.0 mg/L.

In the Pike River, the mean monthly NO_3^- -N concentrations in April and from June to August were higher than for the reference simulation. Overall, there was more variability in the future scenarios so that the mean monthly values exceeded the water quality criterion of 10 mg/L 13 times in 30 years.

On the whole, by 2050, the quality of surface water simulated in both watersheds deteriorated according to environmental standards set by the ministries. This was mostly due to the increase in maize areas, the greater fertilizer amounts applied and the higher mean annual nutrient loads transported from fertilized fields into the rivers.

Literature

- Abler, D., Shortle, J., Carmichael, J. & Horan, R. 2002. Climate change, agriculture, and water quality in the Chesapeake Bay region. *Climatic Change*, 55: 339-359.
- Arnold, J.G., Srinivasan, R., Muttiah, R.S. & Williams, J.R. 1998. Large area hydrologic modeling and assessment Part I: Model development. *J. Am. Water Res. Assoc.*, 34: 73-89.
- Bouwer, H. 2000. Integrated water management: Emerging issues and challenges. *Agr. Water Manage.*, 45: 217-228.
- Green, C.T., Bekins, B.A., Kalkhoff, S.J., Hirsch, R.M., Liao, L. & Barnes, K.K. 2014. Decadal surface water quality trends under variable climate, land use, and hydrogeochemical setting in Iowa, USA. *Water Res. Res.*, 50: 2425-2443.
- Liu, R., Wang, J., Shi, J., Chen, Y., Sun, C., Zhang, P. & Shen, Z. 2014. Runoff characteristics and nutrient loss mechanism from plain farmland under simulated rainfall conditions. *Sci. Total Environ.*, 468-469: 1069-1077.
- Nakicenovic, N., Alcamo, J., Davis, G., et al. 2000. Emission Scenarios. A special report of working group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, UK. 599 pp.
- Schilling, K.E., Jha, M. K., Zhang, Y.K., Gassman, P.W. & Wolter, C.F. 2008. Impact of land use and land cover change on the water balance of a large agricultural watershed: Historical effects and future directions. *Water Res. Res.*, 45: W00A09.
- Verburg, P.H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, V. & Mastura, S.S.A. 2002. Modeling the spatial dynamics of regional land use: The CLUE-S model. *Environ. Manage.*, 30: 391-405.

Modelling wheat canopy temperature: A key to identify plant traits for drought tolerance and to quantify heat stress

Dorothee Neukam

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Kiel. E-Mail: neukam@pflanzenbau.uni-kiel.

Einleitung

Die Transpiration führt zu einer Herabsetzung der Pflanzenoberflächentemperatur bzw. auf Bestandesebene zur Herabsetzung der Bestandestemperatur T_C und damit zur Verminderung von Hitzestress. Bei Trockenstress (Verdunstungsanspruch > Wassernachlieferung) kommt es dagegen durch die Erhöhung des Stomatawiderstandes zu einer Verringerung der Transpiration und einer Erhöhung von T_C . Dies kann eine Erhöhung des Hitzestress bedeuten. Als Folge des Klimawandels wird für die pflanzliche Produktion ein zunehmendes Auftreten von sowohl Hitzestress als auch Trockenstress prognostiziert. Dies erfordert Anpassungen in der Züchtung sowie ggf. angepasste Managemententscheidungen auf der Grundlage von Ertragsabschätzungen. Dabei kann der Bestandestemperatur eine Schlüsselrolle zukommen. Einerseits stellt sie, da einfach mit Infrarot-Thermometrie messbar, ein Indikator für Trockenstress dar und kann in der Züchtung im Rahmen des „Phenotyping“ zur Identifikation von Trockenstress relevanten Pflanzeigenschaften verwendet werden. Im Rahmen des Management spielt die Bestandestemperatur als Indikator der Wasserversorgung für die Bewässerungssteuerung eine Rolle und birgt das Potenzial Rückschlüsse auf Bodeneigenschaften zu gewinnen, die für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung von Bedeutung sind. Andererseits ist die Bestandestemperatur ein maßgeblicher Faktor für Wachstums- und Entwicklungsprozesse und ein differenzierteres Maß für Hitzestress als die Lufttemperatur. Deshalb ist es notwendig, die Bestandestemperatur in Pflanzenwachstumsmodelle zu implementieren. Die Interpretation von T_C -Messungen erfordert eine Betrachtung des Gesamtsystems, weshalb ein Modell der Bestandestemperatur das meteorologische Einflussgrößen und Boden, Wasserhaushalt und Pflanzenwachstum umfasst eine wichtige Voraussetzung für die genannten Anwendungsfelder ist. Ziel dieser Arbeit war

1. Die Entwicklung und Parametrisierung eines Stomatamodells für Winterweizen, das auch Trockenstress berücksichtigt
2. Die Entwicklung und Evaluation eines Modells zur Simulation von Tagesgängen der Bestandestemperatur von Winterweizen in Stundenschritten unter Verwendung des neu entwickelten Stomatamodells und dem theoretischen Konzept des CWSI (Jackson et al. 1981, Jackson et al. 1988).
3. Entwicklung und Evaluation eines empirischen Regressionsmodells zur Vorhersage von täglicher mittleren, maximalen und minimalen Bestandestemperatur von Tageswerten meteorologischer Einflussgrößen und Umweltvariablen.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Hohenschulen der Iniversität Kiel wurde 2010 und 2011 ein Parzellenversuch mit Winterweizen (*triticum aestivum* cv 'Dekan', 300K/m², 200kg N/ha in 3 Gaben) unter einem Rain-Out-Shelter mit Beregnungssystem durchgeführt. Ab Anfang März fuhr das Rain-Out-Shelter bei Niederschlagsereignissen

automatisch über die Parzellen. Die Berechnung erfolgte von Anfang April bis Mitte Juli in 3 Bewässerungsstufen (W0 = keine Berechnung / W1 = 170 mm / W2 = 330mm).

Während der Vegetationsperiode wurden volumetrische Wassergehalte in 5 Tiefen (wöchentlich, 5, 35 / zweiwöchentlich 65, 85 und 105 cm), wöchentlich Bestandeshöhe (h) und Blattflächenindex (LAI) gemessen. 2011 wurde die Bodendurchwurzelung zweiwöchentlich mittels Minirhizotron Messungen in horizontalen Röhren in vier Tiefen (65, 85, 105, 125 cm) aufgezeichnet. Lufttemperatur (T_{Air}), relative Luftfeuchtigkeit (rH) und Windgeschwindigkeit (u) wurde in 2 m Höhe gemessen. Nettostrahlung (R_{Net}) und Bestandestemperatur (SI 111 und 211 Infrarot-Thermometer, Apogee Instruments, Logan, USA; 0.5m über Bestand, senkrechte Ausrichtung) wurden in jeweils einer Parzelle je Bewässerungsstufe gemessen. Zusätzlich standen noch Messdaten aus zwei weiteren Bewässerungsversuchen mit der Sorte Batis aus Hohenschulen (2013, 2014) und Braunschweig (2014) mit ähnlichem Messprogramm zur Verfügung.

Von Mai bis Juli wurde der Stomatawiderstand an 7 Terminen (2010) und 3 Terminen (2011) und Blattwasserpotenzial an den jüngsten voll entfalteten Blättern bzw. Fahnblättern gemessen. Die Messungen erfolgten an je vier Blättern in einer Parzelle je Bewässerungsstufe. Mikrometeorologische Messdaten und T_C -Daten wurden zu Stunden- und Tageswerten gemittelt.

Zur Charakterisierung des Bodenwassereinflusses auf die Stomataregulation wurde aus dem Bodenwassergehalt, der Textur und der Durchwurzelung ein effektives Wasserpotenzial ($\psi_{RootedSoil}$) im durchwurzelten Boden abgeleitet. Unter Verwendung und Anpassung eines Tagesschrittmodells (DSM) wurden in einem ersten Schritt gemessene Wassergehaltsverläufe interpoliert. Das DSM umfasst Submodelle für Pflanzenwachstum, Bodenwassertransport Evapotranspiration und Wasseraufnahme und wurde in In die HUME Modellumgebung implementiert. $\psi_{RootedSoil}$ ergibt sich dann als Durchschnitt der logarithmierten Bodenwasserpotenziale der einzelnen Schichten ($\psi_{Soil}[i]$ [MPa]) gewichtet um die Verteilung der Wurzellängen RL [cm/cm^2]:

$$\log(\psi_{RootedSoil}) = \sum_i \frac{RL[i]}{\sum_i RL[i]} \cdot \log(\psi_{Soil}[i]).$$

Für die dynamische Berechnung von T_C und ΔT wurden verschiedene Modellansätze abgeleitet: (I) MDIR: Modell für die direkte Berechnung von T_C und ΔT aus Stomatawiderstand und meteorologischen Größen. (II) MIND_ETR: ein indirekter Ansatz, bei dem T_C und ΔT innerhalb ihrer theoretischen Grenzen mittels dem Verhältnis von aktueller zu potenzieller Evapotranspiration eingeordnet wird und (III) MIND_TR verwendet das Verhältnis von aktueller zu potenzieller Transpiration ohne Berücksichtigung der Evaporation. Diese Ansätze wurden in einem Stundenschrittmodell (HSM) mit dem neu entwickelten Stomatamodell und Submodellen für Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt in HUME gekoppelt, wobei die Tageswerte der Wassergehalte aus dem DSM als Input verwendet werden (Abb.1).

Zur Modellierung von $T_{C,mean}$, $T_{C,min}$, $T_{C,max}$ wurden multiple Regressionsmodelle aus meteorologische Standardgrößen und Variablen, die die Wasserversorgung charakterisieren und als Output gängiger Pflanzenwachstumsmodelle vorliegen, entwickelt. Dazu wurde mit der Statistiksoftware R (<http://www.R-project.org>) eine schrittweise Vorwärtsselektion (Paket FWDselect) und eine quantile Regressionsanalyse (Paket Quantreg) durchgeführt.

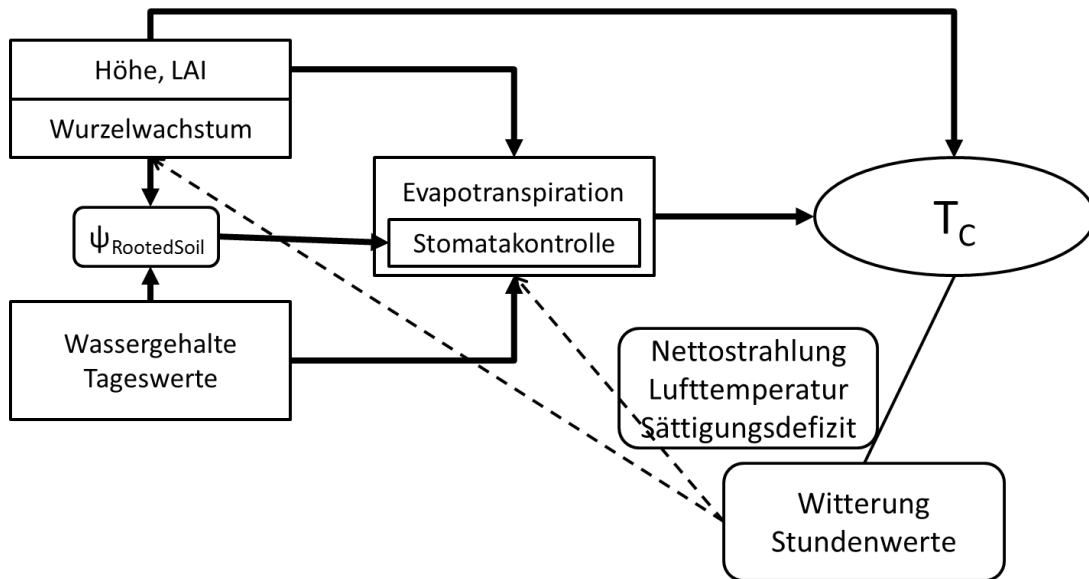


Abb. 1: Modellschema des Stundenschrittmodells zur dynamischen Berechnung der Bestandestemperatur (T_C). $\psi_{\text{RootedSoil}}$ = effektives Wasserpotenzial im durchwurzelten Boden

Ergebnisse und Diskussion

1. Stomatamodell:

Das neu entwickelte Stomatamodell (Neukam et al. 2016) berechnet den Stomatawiderstand in einem „entweder...oder“ Ansatz als Maximum der Einzeleinflüsse von Temperatur und Strahlung und des Zusammenspiels von VPD und Wasserverfügbarkeit. Beim Auftreten von Trockenstress dominiert dieser also die Stomatakontrolle: $r_s = \max(r_s(T_{\text{Air}}), r_s(R_{\text{Net}}), r_s(\text{VPD}, \psi_{\text{RootedSoil}}))$. Dieser Ansatz war in der Lage die Gesamtdaten zufriedenstellend abzubilden ($r^2 = 0.63$, RMSE = 59 s/m, EF = 0.60) und Tagesgänge des Stomatawiderstandes von bewässerten und unbewässerten Parzellen nachzuvollziehen.

2. Bestandestemperatur (dynamisches Modell (HSM), Stundenschritt)

Während die drei Modellansätze für T_C ähnlich gute Abbildungsgüten aufweisen, ist MIND_ETR unter zusätzlicher Berücksichtigung der Evaporation am besten für die Simulation von ΔT geeignet (Tab.1).

Tab. 1: Abbildungsgüte der Modellansätze zur Simulation von Stundenwerten von T_C und ΔT für den Gesamtdatensatz (HS/ 2010 und 2011/ 3 Bewässerungsstufen W0, W1, W2)

Modell	Uhrzeit	Variable	Slope	Intercept	R ²	RMSE	EF	N
MDIR	0-24	T_C	0.93	0.81	0.98	0.94	0.97	9040
	11-16	ΔT	0.89	-0.53	0.65	1.23	0.55	1887
MIND_ETR	0-24	T_C	0.93	0.82	0.98	0.90	0.97	9040
	11-16	ΔT	0.86	-0.42	0.70	1.13	0.62	1887
MIND_TR	0-24	T_C	0.97	0.52	0.97	0.94	0.97	9040
	11-16	ΔT	0.89	-0.08	0.58	1.2	0.57	1887

3. Bestandestemperatur (multiple lineare Regressionsmodelle (MLR), Tagesschritt)
Die Kreuzvalidierung ergab einen RMSE von $\sim 0.8^\circ\text{C}$ für $T_{C,\text{mean}}$, 2°C (Phase I) und 1.5°C (Phase II) für $T_{C,\text{max}}$ und 1.2°C (Phase I) und 0.8°C (Phase II) für $T_{C,\text{min}}$.

Das mechanistische Stundenschrittmodell (HSM) und das empirische Tagesschrittmodell (DSM) sind zwar grundsätzlich strukturell unterschiedlich, weisen aber durchaus inhaltliche Konsistenz auf. Die Kovariable und Koeffizienten der MLR für $T_{c,mean}$ (Tab.2), $T_{c,min}$ und $T_{c,max}$ bilden Mechanismen nach, die auch im mechanistischen HSM wirksam sind, wie z.B. das Zusammenwirken von Verdunstungsanspruch und Wasserangebot und der Einfluss der Evaporation auf die Bestandestemperatur.

Tab. 2: Koeffizientenschätzwerte (Estimate) und p-Werte des MLR für $T_{c,mean}$ ($T_{c,mean}$ = mittlere tägliche Bestandestemperatur); SE = Standardfehler, $T_{air,mean}$ = mittlere tägliche Lufttemperatur (°C), R_{int} = Einstrahlung (Wm^{-2}), LAI_{log} = natürlicher Logarithmus des LAI, D_{phen} = Dummyvariable mit $D_{phen} = 1$ während Phase I (vor dem Ährenschieben) und $D_{phen} = 0$ während Phase II (nach dem Ährenschieben), VPD = Sättigungsdefizit (hPa), T_{act}/T_{pot} = Verhältnis der aktuellen (T_{act} ($mm d^{-1}$) zur potenziellen Transpiration (T_{pot} ($mm d^{-1}$)) ($mm d^{-1}$), E_{act}/ET_{pot} = Verhältnis der aktuellen Evaporation (E_{act} ($mm d^{-1}$)) zur potenziellen Evapotranspiration (ET_{pot} ($mm d^{-1}$)).

	Estimate	SE	p-Wert
	I & II	I & II	I & II
Intercept	2.730	0.266	$< 2e^{-16}$
$T_{air,mean}$	0.942	0.015	$< 2e^{-16}$
R_{int}	0.005	0.001	$1.27e^{-13}$
LAI_{log}	-1.358	0.082	$< 2e^{-16}$
(1-D_{phen})*E_{act}/ET_{pot}	-5.491	0.953	$1.87e^{-08}$
D_{phen}*VPD	-0.263	0.023	$< 2e^{-16}$
(1-D_{phen})*(VPD*(T_{act}/T_{pot}))	-0.299	0.033	$< 2e^{-16}$

Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit unterstreichen die Wichtigkeit sowohl den Hitzestress *per se* als auch das Zusammenwirken von Verdunstungsanspruch und Wasserverfügbarkeit zu berücksichtigen. Die Ergebnisse dieser Arbeit leisten einen Beitrag zur systembasierten Analyse und Interpretation von Messungen der Bestandestemperatur und zur Integration der Bestandestemperatur in Pflanzenwachstumsmodelle.

Literatur

- Jackson, R. D., S. B. Idso, R. J. Reginato and P. J. Pinter. 1981: Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator. *Water Resources Research* 17, 1133-1138.
- Jackson, R. D., W. P. Kustas and B. J. Choudhury. 1988: A Reexamination of the Crop Water Stress Index. *Irrigation Science* 9, 309-317.
- Neukam, D., Böttcher, U. and Kage, H. 2016: Modelling Wheat Stomatal Resistance in Hourly Time Steps from Micrometeorological Variables and Soil Water Status. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 202: 174–191.
- Neukam, D.; Ahrends, H.; Luig, A.; Manderscheid, R.; Kage, H. 2016: Integrating Wheat Canopy Temperatures in Crop System Models. *Agronomy*, 6(1), 7.

Klimarelevanz futterbaulich genutzter Niedermoorböden in Schleswig-Holstein

A. Poyda^{1,2}, T. Reinsch¹, H. Skinner³, C. Kluß¹, R. Loges¹ und F. Taube¹

¹ CAU Kiel, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abt. Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau; ² Universität Hohenheim, Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Fg. Biogeophysik, Stuttgart; ³ USDA-ARS, Pasture Systems and Watershed Management Research Unit, University Park, PA, USA. E-Mail: a.poyda@uni-hohenheim.de

Einleitung

Moorböden speichern große Mengen an organischer Substanz in Form von Torf, der im natürlichen Zustand unter Sauerstoffabschluss akkumuliert. Eine Entwässerung der Moorböden führt hingegen zur Mineralisation der Torfe und zur Freisetzung der klimarelevanten Spurengase Kohlenstoffdioxid (CO₂) und Distickstoffmonoxid (N₂O). So verursachen landwirtschaftlich genutzte Moore in Deutschland 50 % der gesamten Treibhausgas- (THG) Emissionen aus landwirtschaftlicher Bodennutzung (UBA, 2014), obwohl Moorböden nur 5 % der landwirtschaftlichen Nutzfläche ausmachen (Röder et al., 2011). Der Verbreitungsschwerpunkt der Moorböden in Deutschland befindet sich in der nordwestdeutschen Tiefebene. Aufgrund von intensiver Milchviehhaltung und begrenzter Flächenverfügbarkeit, sind die Moorböden in dieser Region meist tief entwässert und werden intensiv bewirtschaftet. Vor diesem Hintergrund war es das Ziel der vorgestellten Arbeit, die Treibhausgasemissionen von Niedermoorböden der Eider-Treene-Sorge-Niederung, einer intensiven Milchviehregion in Schleswig-Holstein, zu quantifizieren und mögliche Optimierungspotentiale zur Reduzierung der Klimarelevanz dieser Standorte zu identifizieren. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit lag auf dem Vergleich zweier etablierter Methoden zur Erfassung des CO₂-Austausches. Diese wurden bisher gleichermaßen zur Bestimmung von Emissionsfaktoren unterschiedlicher Nutzungskategorien organischer Böden für die THG-Berichterstattung herangezogen. Dabei mangelt es jedoch an umfassenden, mehrjährigen Vergleichen der Methoden.

Material und Methoden

Der Nutzungsgradient der untersuchten Niedermoorstandorte umfasste a) eine wiedervernässte und ungenutzte Fläche (*unutilized grassland*, UG), b) ein flach entwässertes und intensiv genutztes Dauergrünland (*grassland 'wet'*, GW), c) ein tief entwässertes und intensiv genutztes Dauergrünland (*grassland 'moist'*, GM) sowie d) eine tief entwässerte Ackerfutterbaufläche (*arable land*, AR) (Tabelle). Die Flüsse von Methan (CH₄) und N₂O wurden über einen Zeitraum von drei Jahren wöchentlich mithilfe statischer Messkammern (Hutchinson & Mosier, 1981) erfasst und für die Berechnung von Jahressummen linear interpoliert. Der Nettoökosystemaustausch (NEE) von CO₂ wurde über zwei Jahre in Messkampagnen mit geschlossenen Messkammern und Infrarotgasanalyse im Feld bestimmt und anhand der ermittelten Zusammenhänge zwischen Temperatur und Ökosystematmung (R_{ECO}) sowie photosynthetisch aktiver Strahlung (PAR) und Bruttoprimärproduktion (GPP) simuliert (Drösler, 2005). Des Weiteren wurde auf ausgewählten Niedermoorflächen (UG und GW) sowie auf einem humosen Sandboden als Referenzstandort die mikrometeorologische Eddy-Kovarianz-Methode (EC) zur Erfassung des NEE eingesetzt. Zum einen sollte die Vergleichbarkeit der beiden Methoden untersucht

und zum anderen die Auswirkungen der gegensätzlichen Standorteigenschaften von Niedermoor- und Sandböden auf die C-Flüsse beurteilt werden. Unter Berücksichtigung von Kohlenstoff- (C) -Importen über organische Düngemittel und C-Exporten über das Erntegut wurden C- und THG-Bilanzen aller Untersuchungsflächen erstellt. Als Maß für das C-Freisetzungspotential der unterschiedlichen Standorttypen wurde der heißwasserlösliche C-Gehalt (C_{hwl}) im Boden bestimmt.

Standorteigenschaften, Bewirtschaftung und Produktivität der vier Niedermoorflächen im Mittel des Versuchszeitraums.

Standort	UG	GW	GM	AR
C_{org} (%)	35.0	37.4	17.9	13.3
d_B (g cm^{-3})	0.20	0.32	0.54	0.67
Grundwasserstand (cm) (Min., Max.)	-11 (-56, +8)	-21 (-65, +2)	-33 (-88, +2)	-39 (-88, +2)
Nutzungshäufigkeit	—	2 – 3	3 – 4	1 – 3
Düngung (min. + org.) (kg N/ha/a)	0	240 – 400	230 – 320	130 – 170
Ertrag (t TM/ha/a)	—	9.5	11.5	11.4
Energiedichte (MJ NEL/kg TM)	—	6.2	6.3	5.9

Ergebnisse und Diskussion

Für den Zeitraum April 2012 – März 2014 betrug das globale Erwärmungspotential (GWP) der Niedermoorstandorte 3.8 (UG), 11.7 (GW), 17.7 (GM) sowie 17.3 Mg $\text{CO}_2\text{-C-Äq ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ (AR) (Abb. 1). Mit 59 (AR) bis 72 % (UG) dominierte der NEE das GWP, die bewirtschaftungsbedingte C-Bilanz der landwirtschaftlichen Flächen trug jedoch mit bis zu 27 % (AR) in erheblichem Maße zur Klimabilanz dieser Flächen bei. Die ungenutzte Fläche (UG) stellte mit durchschnittlich $55.1 \text{ kg CH}_4\text{-C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ die größte Methanquelle der Untersuchungsflächen dar, während die CH_4 -Emissionen der genutzten Flächen in Hinblick auf das GWP vernachlässigbar waren. Die höchsten N_2O -Emissionen wurden mit $18.9 \text{ kg N}_2\text{O-N ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ für den Ackerstandort (AR) ermittelt. Wird das GWP der landwirtschaftlichen Flächen in Bezug zum erzielten NEL-Ertrag (Nettoenergie Laktation) gesetzt, ergeben sich Emissionen von 201 (GW), 248 (GM) und $269 \text{ kg CO}_2\text{-C-Äq (GJ NEL)}^{-1}$ (AR) im Mittel zweier Versuchsjahre.

Zwischen den mit Messkammern und EC gemessenen NEE-Flüssen bestand grundsätzlich ein enger Zusammenhang (Abb. 2). Die NEE-Jahresbilanzen der Flächen UG und GW zeigten einen signifikanten Unterschied auf Grundlage messkammerbasierter Simulationen (Abb. 1), jedoch keinen Trend zwischen den Standorten auf Grundlage von EC-Messungen. Ebenso bestanden keine wesentlichen Unterschiede im NEE des Niedermoor- und Sandbodens. Unterschiedliche räumliche Auflösungen der Messkammer- und EC-Methode stellen ein Problem für die Vergleichbarkeit, vor allem auf landwirtschaftlich genutzten Standorten, dar. Für einen Vergleich unterschiedlicher Nutzungskategorien in

Gebieten mit kleinräumiger Heterogenität ist die EC-Methode weniger geeignet, so dass in ähnlichen Studien Kammermessungen bevorzugt werden sollten.

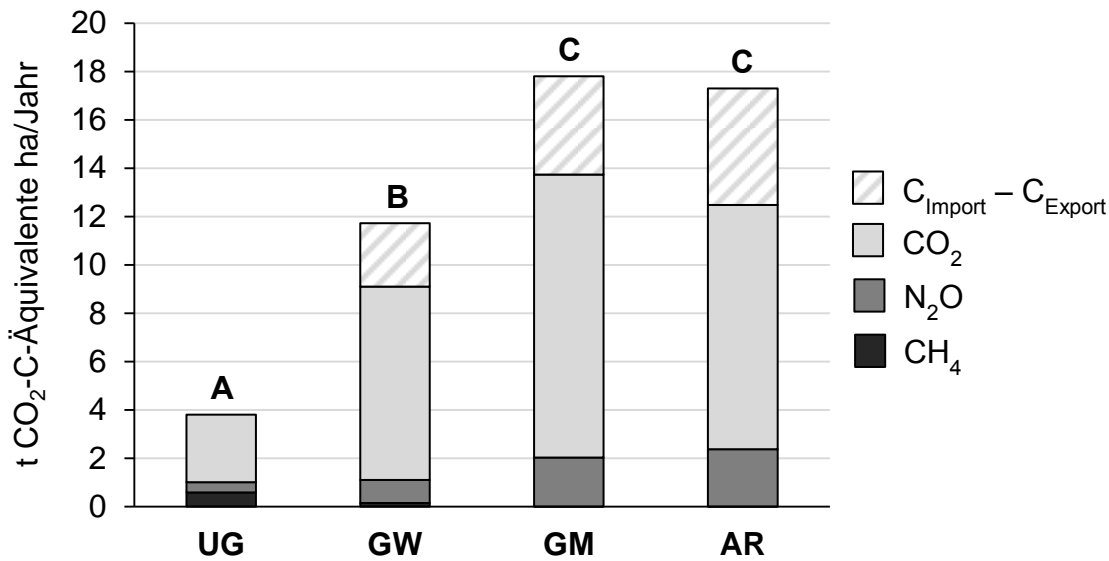


Abb. 1: Klimabilanzen der vier Niedermoorflächen, berechnet als globales Erwärmungspotential bezogen auf CO₂ und 100 Jahre mit CH₄ = 25 und N₂O = 298 (IPCC, 2007) sowie unter Berücksichtigung der bewirtschaftungsbedingten C-Bilanz aus Importen über die Gülle und Exporten über die Ernte. Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Flächen.

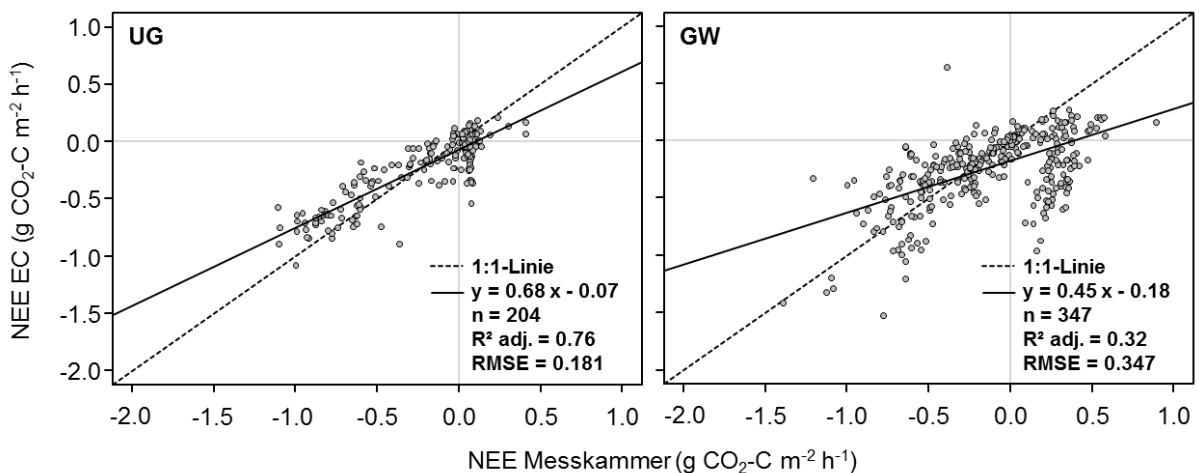


Abb. 2: Vergleich des zum selben Zeitpunkt gemessenen Nettoökosystemaustausches (NEE) von CO₂ mit transparenten Messkammern und Eddy-Kovarianz-Technik (EC).

Die landwirtschaftliche Nutzung der Niedermoorböden im Untersuchungsgebiet ist mit erheblichen flächen- und ertragsbezogenen THG-Emissionen verbunden. Als übergeordnete Einflussgröße wurde hierbei die langfristige Entwässerungsintensität identifiziert. Diese lässt sich durch eine Zustandserhebung der Moorböden relativ einfach bestimmen. Durch Wiedervernässung konnten die Emissionen deutlich reduziert werden, es ist jedoch noch weiteres Optimierungspotential vorhanden. Bei gleicher Entwässerungsintensität zeigen Acker- und Grünlandnutzung keinen Unterschied hinsichtlich der THG-Emissionen und C-Freisetzungspotentiale (Abb. 1 und 3). Für eine signifikante Reduzierung der Klimawirksamkeit sollte der

Grundwasserstand jedoch auf mindestens 20 cm unter Flur im Jahresmittel angehoben werden, was eine Ackernutzung ausschließt, eine vergleichsweise intensive Grünlandnutzung hingegen weiterhin zulässt. Aufgrund von erheblicher räumlicher Heterogenität, bestehen im Untersuchungsgebiet der Eider-Treene-Sorge-Niederung große Unterschiede in der Entwässerungsintensität und den damit verbundenen C-Freisetzungspotentialen (Abb. 3). Diese sind in den schwach entwässerten Bereichen besonders hoch, woraus sich deutliche Synergien für Natur- und Klimaschutz ergeben.

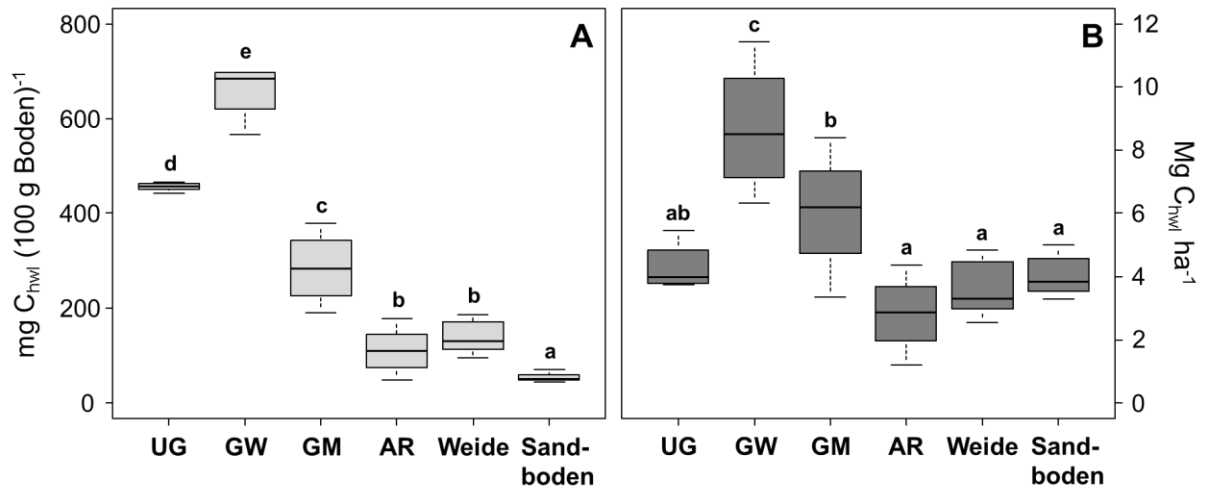


Abb. 3: Gehalte (A) und Mengen (B) an heißwasserlöslichem Kohlenstoff (C_{hwl}) in 0 – 60 cm Bodentiefe der vier untersuchten Niedermoorflächen sowie eines als Weide genutzten Dauergrünlands, welches direkt an die Ackerfläche (AR) angrenzt und dieselbe Entwässerungsintensität aufweist, und eines Dauergrünlands auf humosem Sandboden in der Eider-Treene-Sorge-Niederung.

Literatur

- Drösler, M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. PhD Thesis, Lehrstuhl für Vegetationsökologie, Departement Ökologie, Technische Universität München.
- Hutchinson, G. L. & Mosier, A. R. (1981): Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Science Society of America Journal*, 45, 311-316.
- IPCC (2007): Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of working group I to the fourth assessment report of the International Panel on Climate Change. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K. B., Tignor, M. & Miller, H. L., Cambridge, UK, New York, NY, USA: Cambridge University Press.
- Röder, N., Osterburg, B. & Nitsch, N. (2011): Regional differences in the intensity of the utilisation of organic soils in Germany. In: Pötsch, E. M., Krautzer, B. & Hopkins, A.: Grassland farming and land management systems in mountainous regions. Proceedings of the 16th Symposium of the European Grassland Federation, Gumpenstein, Österreich, 347-349.
- UBA/Umweltbundesamt (2014): Nationaler Inventarbericht zum deutschen Treibhausgasinventar 1990 – 2012. Berichterstattung unter der Klimarahmenkonvention der Vereinten Nationen und dem Kyoto-Protokoll 2014. UBA, Dessau-Roßlau.

Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz von Winterraps: Analyse des Züchtungsfortschritts der letzten Jahrzehnte und daraus resultierende künftige Implikationen

Andreas Stahl, Benjamin Wittkop, Paul Vollrath, Wolfgang Friedt und Rod Snowdon

Justus-Liebig-Universität Gießen / Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Gießen, E-Mail: Andreas.Stahl@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Der Anstieg der Weltbevölkerung und ein steigender Lebensstandard führen in Kombination mit einer Politik zur Förderung regenerativer Energien u.a. zu einer stärkeren Nachfrage nach pflanzlichen Ölen. Mit einer globalen jährlichen Produktion von 57,5 Mio. Tonnen (Durchschnitt 2004-2013, nach FAOSTAT 2015) ist Raps (*Brassica napus* L.) Europas bedeutendste und weltweit nach der Sojabohne und Ölpalme drittgrößte Ölf Frucht. Neben der Nutzung als regenerativer und speicherbarer Energieträger im Verkehrssektor und der technischen Nutzung, findet Rapsöl mitunter wegen seiner ernährungsphysiologisch hochwertigen Ölqualität steigenden Absatz als Nahrungsmittel. Unabhängig von der Ölnutzung stellt das in den Pressrückständen verbleibende Protein ein wertvolles Eiweißfuttermittel mit einer hohen biologischen Wertigkeit in der Tierernährung dar. Darüber hinaus wird Raps mittlerweile auch als Proteinquelle für Lebensmittelerzeugnisse in der Humanernährung interessant.

Pflanzenbaulich betrachtet, gehen mit dem Rapsanbau – sofern mehrjährige Anbaupausen eingehalten werden – zahlreiche Vorteile einher. So ist in vielen landwirtschaftlichen Betrieben Zentral- und Nordeuropas, aber auch Kanadas oder Australiens Raps die einzige zweikeimblättrige Frucht und bricht so grüne Brücken der Pathogenausbreitung (Kirkegaard et al., 1997), erleichtert die Bekämpfung von Ungräsern in engen Getreidefruchtfolgen und führt gewöhnlich zu Mehrerträgen von Folgefrüchten wie Weizen (Christen et al., 1992) oder Gerste (Christen und Sieling, 1993). Allerdings benötigt Raps zu Beginn der Vegetation eine vergleichsweise hohe Stickstoffdüngung, hinterlässt aber später einen relativ hohen N-Bilanzüberschuss, der negative Umweltauswirkungen mit sich bringt. So kann ungenutzter Stickstoff oberflächlich abgetragen oder ins Grundwasser ausgewaschen werden und NO_x-Emissionen oder volatile Ammoniakverluste verursachen. Darüber hinaus spiegelt sich der zur Düngerproduktion notwendige Energiebedarf negativ in der Energie- und Treibhausgasbilanz des Rapsanbaus (RED, 2009).

Global betrachtet stellt sich somit die Frage, wie eine steigende landwirtschaftliche Produktion mit höherer Flächenproduktivität zu realisieren ist und gleichzeitig die negativen Umweltauswirkungen reduziert werden können. Auf nationaler Ebene werden zu diesem Bestreben durch gesetzliche Regulierungen, wie beispielsweise der Novellierung der Düngeverordnung, der Wasserrahmenrichtlinie und den Auflagen zur nachhaltigen Produktion von Biokraftstoffen, die Rahmenbedingungen gesetzt. Sie zwingen zukünftig die landwirtschaftliche Produktion im Allgemeinen und den Rapsanbau im Speziellen zu einem noch effizienteren Umgang mit Stickstoff (N).

Neben zahlreichen Möglichkeiten des Pflanzenbaumanagements, wie die Fruchtfolgegestaltung (Hegewald et al., 2016), eine sensorgestützte Düngemittelapplikation und einer präzisen N-Bedarfsabschätzung (Henke et al., 2007), stellt die systematische Nutzung der genetischen Variation durch Erstellung

geeigneterer Sorten möglicherweise einen weiteren Hebel zur Steigerung der Stickstoffnutzungseffizienz (*Nitrogen use efficiency*, NUE) dar.

Wie groß ist der Zuchtfortschritt für eine gesteigerte NUE? Welche Merkmale wurden in den letzten Jahrzehnten besonders verbessert? Und wie groß ist jene genetische Variation für eine gesteigerte Aufnahme- und Stickstoffverwertung in Winterraps? Diesen Fragen wurde in unterschiedlichen Versuchen nachgegangen.

Material und Methoden

Für die Analyse des Zuchtfortschrittes hinsichtlich einer gesteigerten Stickstoffnutzungseffizienz wurden in der Vegetationsperiode 2014-2015 30 Sorten unterschiedlicher Züchterhäuser aus den Zulassungsjahren 1989-2014 an sechs Standorten in Deutschland mit zwei N-Düngestufen (120 kg N ha^{-1} vs. 220 kg N ha^{-1} , jeweils inklusive N_{\min} -Wert) und in je drei wiederholten Kerndruschparzellen angebaut. Die untersuchten Sorten wurden dem Erstzulassungsjahr entsprechend in die Gruppen 1) alte Liniensorten (1989-2003), 2) neue Liniensorten (2004-2012), 3) alte Hybridsorten (1997-2005) und 4) neue Hybridsorten (2007-2014, inkl. zwei Halbzwerghybriden) eingeteilt.

Zur Kornreife wurden der Kornertrag und Kornqualitätsparameter mittels NIRS Analytik ermittelt. An drei Standorten wurden zusätzlich die Anzahl der Seitentriebe und der Schoten pro Haupt- bzw. Nebentrieb und das Tausendkorngewicht (TKG) erfasst sowie die Anzahl der Körner pro Schote errechnet. Darüber hinaus wurde am Standort Rauischholzhausen nach identischem pflanzenbaulichen Management und Düngung separate Parzellen zur Bestimmung der Biomasse zum Zeitpunkt der Vollblüte angelegt. Vor dieser Biomasseernte wurden für jeden Genotyp fünf aufeinanderfolgende Pflanzen aus diesen Parzellen zur Biomassebestimmung geerntet und in Stängel, Blatt und Blüten mit heranwachsenden Schoten separiert. Nach der Bestimmung des Trockengewichtes erfolgte die Stickstoff- und Kohlenstoffanalyse nach Dumas-Methode (Dumas, 1826) an einem Elementaranalysator (Vario Cube EL, Elementar Analysensysteme). Durch dieses Vorgehen kann die NUE in die Komponenten Stickstoffaufnahme- (*Nitrogen uptake efficiency*, NupE) und Stickstoffverwertungseffizienz (*Nitrogen utilization efficiency*, NutE) aufgeschlüsselt werden (Moll et al., 1982).

Ein anderer Versuch in Mitscherlich-Gefäßen diente der Analyse der genetischen Variation im Genpool von *Brassica napus*. Dazu wurde ein weiteres Sortiment von 30 hochgradig diversen Winterrapsgenotypen unter kontrastierender N-Düngung ($0,75 \text{ g N Gefäß}^{-1}$ vs. $2,25 \text{ g N Gefäß}^{-1}$) kultiviert. Auch hier wurden sowohl zum Zeitpunkt der Vollblüte als auch zur Kornreife die Pflanzen in Blatt, Stängel und Blüten bzw. Korn, leere Schoten und Stängel separiert, gewogen und einer N-Analyse (s.o.) unterzogen.

Parallel zum Mitscherlich-Gefäßversuch wurden dieselben Genotypen in einem weiteren Experiment in 90 cm tiefen und mit $135 \text{ kg Sand-Boden-Gemisch}$ gefüllten Containern kultiviert. Dies ermöglichte es nach der Ernte der oberirdischen Biomasse die Wurzeln unter divergierenden N-Düngungsstufen auszuwaschen und morphologische Unterschiede zu erfassen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsfeststellung aus der Kornernte 2015 zeigt einen deutlichen Zuchtfortschritt für eine gesteigerte NUE. Ein Vergleich der arithmetischen Mittel der

geprüften Sortengruppen zwischen alten und neuen Sorten erbrachte eine Leistungsüberlegenheit der letzteren von ca. 12%. Das mittlere Ertragsniveau nahm über alle Standorte hinweg von den alten Liniensorten über alte Hybridsorten, neue Liniensorten bis zu neuen Hybriden zu. Dabei war festzustellen, dass zwischen beiden Düngeneiveaus eine sehr starke Korrelation ($r=0,87$, $p<0,001$) besteht. Dies bedeutet, dass die effizienteren Sorten bei hoher N-Düngung generell auch bei limitierter N-Zufuhr die überlegenen sind. Somit haben Rapszüchter im Verlauf der vergangenen Jahrzehnte schon mehr oder weniger indirekt auf eine gesteigerte NUE selektiert. Dies widerspricht der gelegentlich geäußerten Annahme, dass ältere Sorten, die an frühere geringere Düngeintensitäten angepasst sein könnten, Vorteile hinsichtlich einer effizienteren Nutzung des Stickstoffs aufweisen sollten.

Die Auswertung der Ertragskomponenten lässt deutlich werden, dass das TKG, obwohl es hier als ein hoch heritables Merkmal erscheint, den tatsächlichen Zuchtfortschritt nicht erklärt. Vielmehr kann dieser eher durch die Anzahl der Schoten pro Pflanze, besonders aber durch die Anzahl der Körner pro Schote erklärt werden. Für letztere Komponente war der Unterschied zwischen neuen und alten Sorten sowohl im Sortiment der Hybridsorten als auch der Liniensorten signifikant, nicht aber der Unterschied zwischen Hybrid- und Liniensorten.

Die Analyse der Stickstoffaufnahme ergab, dass eine große Streubreite zwischen den Sorten von mehr als 50 kg N ha^{-1} bis zur Blüte existiert. Während unter den trockenen Bedingungen des Frühjahrs 2015 kein Unterschied zwischen alten und neuen Sorten zu verzeichnen war, zeigte sich hier jedoch eine Überlegenheit der Hybridsorten im Vergleich zu den Liniensorten, die in der hohen N-Stufe besonders ausgeprägt war. Das deutet darauf hin, dass Hybridsorten insbesondere unter abiotischem Stress einen Vorteil haben. Für eine weitere Leistungssteigerung ist daher ein besseres Verständnis des Heterosiseffektes von großer Bedeutung.

In dem Mitscherlich-Gefäßversuch zeigte die Korrelationsanalyse von mehr als 30 phänotypischen Merkmalen eingehende Erkenntnisse zur Bedeutung einzelner Eigenschaften für die Stickstoffnutzungseffizienz. So zeigte der Versuch, dass besonders unter limitierendem Stickstoffangebot eine hohe Blattstickstoffkonzentration und frühere Blüte mit einer effizienten Stickstoffverwertung in Verbindung steht (Stahl et al., 2016).

In den parallel durchgeführten Container-Versuchen (Hohmann et al., 2016) wurde zudem nach Auswaschen der Wurzeln eine breite Variation in der Wurzelmorphologie und dem Wurzelgewicht festgestellt. Dabei zeigen sich mitunter inverse Reaktionen von verschiedenen Genotypen auf ein unterschiedliches Stickstoffangebot. So gibt es solche, bei denen eine signifikant positive Reaktion der N-Düngung auf das Wurzelwachstum vorlag; aber auch einen Genotyp mit einer inversen Reaktion. Diese vorgefundene Variation ist für weitere Untersuchungen hinsichtlich der Signalwirkung des Stickstoffes im Kontext einer gesteigerten N-Aufnahmeeffizienz (NupE) bei reduzierter N-Düngung von Interesse (Bouchet et al., 2016).

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass sowohl für den Komplex der NupE als auch der NutE eine große Variation im Genpool von *Brassica napus* vorhanden ist. Der Befund, dass beide Merkmale genetisch unabhängig voneinander vererbt werden, bietet für die Pflanzenzüchtung den Vorteil, die Merkmalskomplexe zu kombinieren und so ein bisher noch nicht erreichtes NUE-Niveau in künftigen (Hybrid-)Sorten zu realisieren, das – optimales pflanzenbauliches Management vorausgesetzt – dazu beiträgt, zukünftig höhere Korn- und Ölerträge pro eingesetzter Stickstoffmenge zu erzielen (Stahl et al., 2016).

Literatur

- Bouchet AS, Laperche A, Bissuel-Belaygue C, Snowdon RJ, Nesi N, Stahl A (2016) Nitrogen use efficiency in rapeseed: A review. *Agronomy for Sustainable Development* 36:38.
- Christen O, Sieling K (1993) The effect of different preceding crops on the development, growth and yield of winter barley. *J Agron Crop Sci* 171:114–123.
- Christen O, Sieling K, Hanus H (1992) The effect of different preceding crops on the development, growth and yield of winter wheat. *Eur J Agron* 1:21–28.
- Dumas J (1826) *Memoire sur quelques Points de la Théorie atomistique*. J Ch.
- Hegewald H, Koblenz B, Wensch-Dorendorf M und Christen (2016) Impacts of high intensity crop rotation and N management on oilseed rape productivity in Germany. *Crop & Pasture Science* 67:439-449.
- Henke J, Breustedt G, Sieling K, Kage H (2007) Impact of uncertainty on the optimum nitrogen fertilization rate and agronomic, ecological and economic factors in an oilseed rape based crop rotation. *The Journal of Agricultural Science* 145, 455–468.
- Hohmann M, Stahl A, Rudloff J, Wittkop B, Snowdon RJ (2016) Not a load of rubbish: Simulated field trials in large-scale containers. *Plant Cell Environ*, doi: 10.1111/pce.12737.
- Kirkegaard JA, Hocking PJ, Angus JF, Howe GN, Gardner PA (1997) Comparison of canola, Indian mustard and Linola in two contrasting environments. II. break-crop and nitrogen effects on subsequent wheat crops. *Field Crop Res* 52:179–191.
- Moll RH, Kamprath EJ, Jackson WA (1982) Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. *Agron J* 74 : 562 – 564.
- RED (Renewable Energy Directive) (2009) EC of the European Parliament and of the Council of 23 April 2009 on the promotion of the use of energy from renewable sources and amending and subsequently repealing Directives 2001/77/EC and 2003/30/EC. *Off J Eur Union* 140:16–45.
- Stahl A, Friedt W, Wittkop B, Snowdon RJ (2015) Complementary diversity for nitrogen uptake and utilisation efficiency reveals broad potential for increased sustainability of oilseed rape production. *Plant Soil* 400(1–2):245–262.

Leistung unterschiedlicher Stroh- und Gründüngungsvarianten im Aufbau organischer Bodensubstanz – Ergebnisse eines Feldversuchs

Theresa Dannehl, Günter Leithold und Christopher Brock

Professur für Organischen Landbau, Justus-Liebig-Universität, Giessen
E-Mail: Theresa.Dannehl@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Stroh und Gründüngung gehören im Pflanzenbau weltweit zu den wichtigsten Substraten für die Versorgung der Ackerböden mit organischer Substanz. Angaben zur Leistung der Substrate im Aufbau organischer Bodensubstanz zeigen allerdings eine große Variabilität, so dass Bedarf an mechanistischen Ansätzen zur Bewertung des Umsatzes der Substrate im Boden besteht. Im Rahmen des BÖLN-Projektes 2811NA061 (Sicherung der Humusvorräte mit Grün- und Strohdüngung) wurde untersucht, inwiefern die Retention von C aus Stroh und Gründüngungssubstraten unter Berücksichtigung der N-Verfügbarkeit und des C:N-Verhältnisses im Boden am jeweiligen Standort abgeschätzt werden kann. Den Hintergrund bilden neuere Erkenntnisse zum Einfluß von Stickstoff auf den mikrobiellen Umsatz organischer Substanz im Boden, wonach die C-Nutzungseffizienz und die Aufnahme von C in die mikrobielle Biomasse durch mangelnde Verfügbarkeit von N limitiert werden können (u.a. Weintraub und Schimel 2003). Eine detaillierte Beschreibung der hier vorgestellten Ergebnisse findet sich bei Dannehl et al. (2016).

Material und Methoden

Es wurde ein Feldversuch an drei Standorten mit unterschiedlichen Bedingungen hinsichtlich Bodenart, Klima und Bewirtschaftungsform (konventionell/ökologisch) angelegt. Drei Varianten (Gerstenstroh, Erbsenstroh, Gerstenstroh+Gründüngung) waren an allen Standorten identisch und können so versuchsübergreifend ausgewertet werden. Die Varianten waren überdies deckungsgleich mit Varianten des parallel durchgeführten Inkubationsversuchs (Dannehl et al. 2016). Die Varianten wurden nach Ernte der einheitlichen Vorfrucht Sommergerste (ohne organische Düngung) etabliert. Appliziert wurden je 50 dt TM ha⁻¹. In der Variante Gerstenstroh+Gründüngung wurde im Frühling eine Grassunter Saat in die Gerste eingebracht. Die Biomasse der Untersaat wurde während des Versuchs erfasst und auf dem Feld belassen.

Als Indikator für den Umsatz der Substrate wurde die Boden-C-Respiration nach DIN ISO 16072 erfaßt. Hierfür wurde ein Glasgefäß mit Natriumlauge über 24h in einer Gashaube (Ø 23cm) platziert. Freiwerdendes CO₂ wurde in dieser Zeit von der Natronlauge adsorbiert und anschließend im Labor durch Rücktitration mit Salzsäure bis pH 7 die Menge bestimmt.

Da eine kontinuierliche Messung der Bodenatmung im Feld nicht möglich war konnte die C-Respiration im Beobachtungszeitraum (100 d) nicht quantitativ erfaßt werden. Stattdessen wurde die scheinbare C-Nutzungseffizienz als Verhältnis zwischen der Summe der Kohlenstoff-Veratmung und des C-Input berechnet (Cresp:Cinput). Der Indikator wurde in Verhältnis gesetzt mit dem C:N-Verhältnis der verschiedenen Substrate bzw. der Substratmischung, um die Möglichkeit einer semi-stoichiometrischen Bewertung der Leistung der Substrate in der Versorgung von

Böden mit organischer Substanz auf Basis des C:N-Verhältnisses im Boden und der eingebrachten C- und N-Mengen zu überprüfen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Feldversuchs bestätigen an den Standorten Weilburger Grenze und Gladbacher Hof die Ergebnisse des Inkubationsversuch (Dannehl et al.2016). Wie Abbildung 1 zeigt, ist der Kohlenstoffverlust je eingebrachter C-Menge bei engerem C:N-Verhältnis der Substrate geringer, als bei weitem C:N-Verhältnis (Gerstenstroh > Erbsenstroh > Gerstenstroh+ Gründünger). Am Standort Groß Gerau (Sand) waren die klimatischen Einflüsse vermutlich höher als die Effekte der Düngersubstrate.

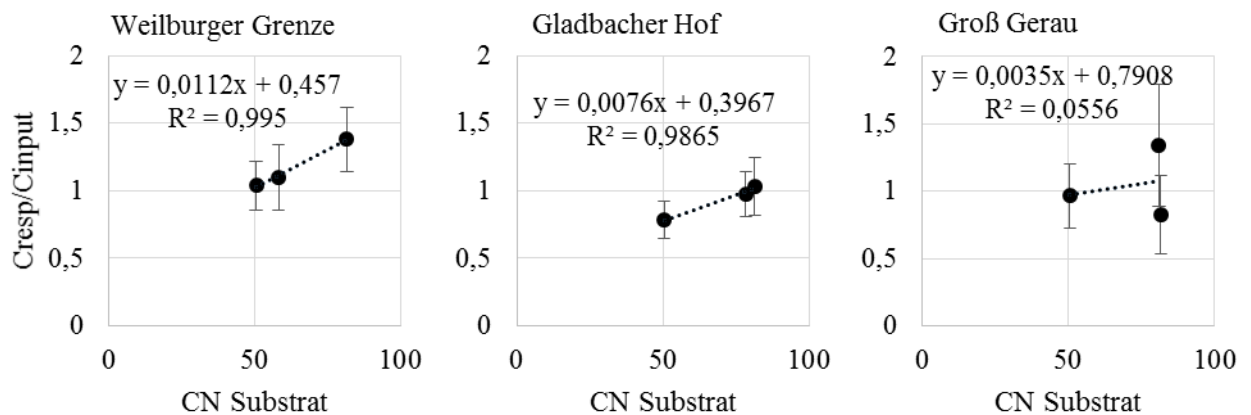


Abb. 1: Cresp/Cinput abhängig vom C:N Verhältnis des Substrat.

Insgesamt ist festzuhalten, daß ein vielfach beschriebener rascherer Umsatz von Substraten bei engerem C:N-Verhältnis nicht zu einem höheren Verlust an Substrat-C führen muß. Hier ist vielmehr zu berücksichtigen, daß bei ausreichender Verfügbarkeit von N eine Retention von C im Boden durch Aufnahme in die mikrobielle Biomasse erfolgen kann. Bei der stoichiometrischen Bewertung von Bewertung mit Blick auf die C- und N-Inputs ist allerdings zu berücksichtigen, daß eine rascherer Abbau bei engerem C:N-Verhältnis zu einem größeren Pool an mobilem N führt, der von Pflanzen aufgenommen oder verlagert/ausgewaschen werden kann und dann für die Bodenmikroorganismen nicht mehr als N-Quelle zur Verfügung steht.

Literatur

- Dannehl T, Leithold G, Brock C (2016): C mass balances in the turnover of straw and green manures. Eur J Soil Sci (eingereicht).
- DIN EN ISO 16072:2011-09. Soil quality - Laboratory methods for determination of microbial soil respiration (ISO 16072:2002); German version EN ISO 16072:2011.
- Weintraub, M.N., & Schimel, J.P. 2003. Interactions between Carbon and Nitrogen Mineralization and Soil Organic Matter Chemistry in Arctic Tundra Soils. Ecosystems 6, 129–143.

Sorteneffekte von Stangen- und Feuerbohnen auf die Erträge und die Ertragszusammensetzung im Gemengeanbau mit Silomais

Jenny Fischer¹, Frank Höppner² und Herwart Böhm¹

¹ Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau; ² Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig. E-Mail: jenny.fischer@thuenen.de

Einleitung

Der Gemengeanbau von Silomais mit rankenden Phaseolus-Bohnen bietet die Möglichkeit, die energiereiche Maissilage durch höhere Rohproteingehalte aufzuwerten. Hierdurch kann ein wichtiger Beitrag zur Verbesserung der regional-basierten Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere aus dem Grundfutter geleistet werden kann. Wie bisherige Untersuchungen (Fischer und Böhm 2013) am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau gezeigt haben, werden die Bohnererträge, neben witterungsbedingten Effekten, insbesondere durch die Sortenwahl beeinflusst. Daher wird seit 2014 die Eignung von vier Stangenbohnen, sowie zwei Feuerbohnenarten für den Gemengeanbau mit Silomais geprüft.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in den Jahren 2014 und 2015 als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen auf dem Versuchsbetrieb des Thünen-Institutes für Ökologischen Landbau (Schleswig-Holstein, sL, 706 mm, 8,8°C) angelegt. Um die interspezifische Konkurrenz zwischen Mais und Bohne zu minimieren wurde die Saattiefe in den Gemengevarianten 8 Kö m⁻² reduziert. Die Aussaat der Bohnen erfolgte Mitte Juni, nach Abschluss der mechanischen Unkrautbekämpfung mit Striegel (EC12-13) und Hacke (EC13-14). Die Bohnen wurden mit einer Saattiefe von 6 Kö m⁻² in alternierenden Reihen zum Mais gelegt. Im Sortenversuch (SV) wurden 4 Stangenbohnen (cv. Cobra, Grünes Posthörnchen, Tarbais, Terli (2014) bzw. Anellino verde (2015)) sowie 2 Feuerbohnen (cv. Preisgewinner, Weiße Riesen) auf ihre Eignung für den Gemengeanbau geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Aufgrund der guten Witterungsbedingungen nach der Aussaat konnte sich der Silomais im ersten Versuchsjahr sehr zügig entwickeln, wodurch die Bohnen infolge der Konkurrenz nur relativ geringe Ertragsanteile bis zu 8% des Gesamt-Trockenmasseertrages erzielten. Die höchsten Bohnererträge (Abb. 1) in den Gemengen erreichten 2014 die Stangenbohnen cv. Tarbais (12 dt TM) und cv. Grünes Posthörnchen (10 dt TM). Die Feuerbohnen (cv. Preisgewinner, cv. Weiße Riesen) reagierten am stärksten auf die Konkurrenz durch den Mais, wodurch die Erträge unter 5 dt TM ha⁻¹ lagen. Im Gegensatz dazu sind die geringen Erträge der Stangenbohnen (cv. Terli, cv. Cobra) auf starke Fraßschäden durch Feldhasen zurückzuführen. Deutlich höhere Bohnererträge mit maximal 21 dt TM ha⁻¹ (cv. Tarbais), entsprechend einem Ertragsanteil von 14% am Gesamt-Trockenmasseertrag, wurden im Jahr 2015 erzielt.

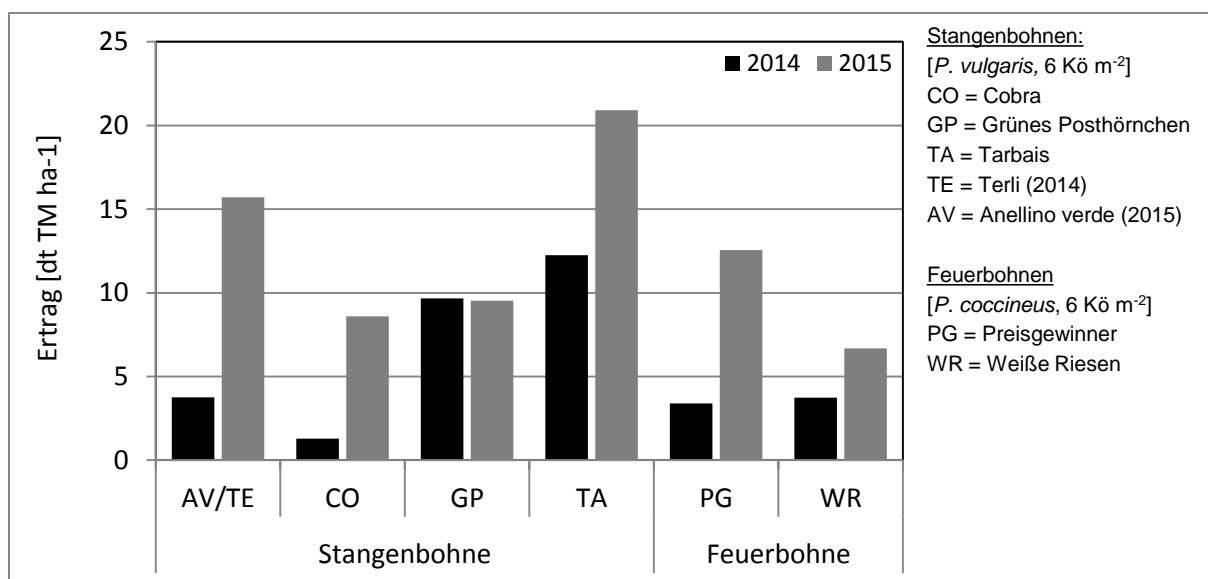


Abb. 1: Trockenmasse-Ertrag der Bohnenvarianten im Gemenge mit Silomais in den Versuchsjahren 2014 und 2015

Die Stangenbohne cv. Anellino verde (16 dt TM) und die Feuerbohne cv. Preisgewinner (13 dt TM) erzielten ebenfalls recht hohe Erträge, während die Ertragsanteile der anderen Bohnen lediglich zwischen 4 und 6% lagen.

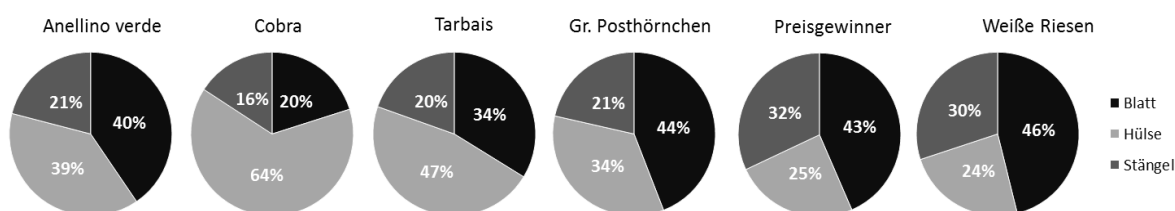


Abb. 2: Anteile der Pflanzenorgane (Blatt, Stängel, Hülse) an der gesamten Bohnenpflanze

Im Jahr 2015 wurde darüber hinaus die Zusammensetzung der Bohnenpflanzen erfasst, da hinsichtlich der Futterqualität (Pieltain et al. 1996) Unterschiede zwischen Blättern, Hülsen und Stängeln zu erwarten sind. Während die Zusammensetzung der beiden Feuerbohnen (cv. Preisgewinner, Weiße Riesen) nahezu identisch war, zeigte sich bei den Stangenbohnen eine deutlich größere Variabilität zwischen den Sorten (Abb. 2). Die höchsten Blattanteile von 40% bzw. 44% wurden bei den Sorten Anellino verde und Grünes Posthörnchen erfasst, während Cobra mit 20% den geringsten Blattanteil aufwies. Im Gegensatz dazu erzielte Cobra mit 64% den höchsten Hülsenanteil, gefolgt von Tarbais (47%), die zudem in beiden Jahren die höchsten Erträge erzielte.

Literatur

- Fischer J, Böhm H (2013) Ertrag und Futterwert von Mais-Bohnen Gemengen als Ganzpflanzensilage in der Milchviehfütterung. Beitr. 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, pp 470-471.
- Pieltain MC, Castañón AAR, Flores MP, Castañón JIR (1996) Nutritive value of postharvest bean by-products (*Phaseolus vulgaris* L.) for ruminants. Anim Feed Sci Tech 62, 271-275.

Strip-Till vs. Mulchsaat – Wirkungen auf Penetrationswiderstand, Durchwurzelung und Ertrag auf einem lehmigen Sandboden

Maxie Grüter, Nina Matthes und Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, FG Acker- und Pflanzenbau.

E-Mail: *maxie.grueter.1@agrar.hu-berlin.de*

Einleitung

Stabile Erträge und Bodenschutz sind wichtige Voraussetzungen für eine erfolgreiche und nachhaltige Landwirtschaft. Durch die Bearbeitung von Streifen bietet "Strip-Till" die Möglichkeit, den Boden mittels Lockerung optimal für Aussaat und Pflanzenwachstum vorzubereiten und gleichzeitig durch unterlassene Bearbeitung zu schützen.

Material und Methoden

In einem On-Farm Experiment nordöstlich von Berlin wird die Wirkung von einmaliger Streifenbearbeitung auf den Penetrationswiderstand und die Durchwurzelung in den gelockerten und den unbearbeiteten Streifen, sowie den Ertrag von Winterweizen im Vergleich zur Mulchsaat untersucht. Nach Umbruch der Rapsstoppel wurde im Oktober 2015 auf einer Hälfte des Versuchsschlags betriebsüblich Mulchsaat mit einer maximalen Bearbeitungstiefe von 22 cm, auf der anderen Hälfte Strip-Till mit einer maximalen Bearbeitungstiefe von 20 cm durchgeführt. Es wurden jeweils fünf Monitoringplots angelegt, an denen Wachstum und Entwicklung bonitiert, der Ertrag ermittelt und die Parameter gemessen wurden.

Der Penetrationswiderstand wurde im Frühjahr 2016 mit einem fahrbaren Penetrologger mit elektrischem Vortrieb gemessen. Bei einem Konus mit einer Fläche von 1 cm^2 betrug die Vortriebsgeschwindigkeit 2 cm s^{-1} . Der Abbruchwiderstand wurde auf 10 MPa eingestellt. Je Variante und Plot wurden zehn Messungen durchgeführt, wobei maximal 13 Ansätze benötigt wurden.

Zur Ermittlung der Wurzeldichte wurden im Juni 2016 Bodenproben aus 0-30 cm Tiefe mit einem Durchmesser von 5 cm genommen. Die Bohrkerne wurden bei 14,5 und 29 cm geteilt, so dass die Wurzeldichte in zwei Tiefen jeweils aus einem Bodenvolumen von etwa $0,28 \text{ dm}^3$ untersucht wurde. Durch Auswaschen und Trocknen der Wurzeln wurde die Wurzeldichte ermittelt. Je Variante und Plot wurden vier Bohrkerne entnommen.

Ergebnisse

Der Penetrationswiderstand in der Mulchsaat wies in 4 – 11 cm Tiefe einen mit der Tiefe zunehmenden Widerstand um 0,5 MPa auf, stieg dann kontinuierlich bis etwa 25 cm Tiefe bis zum maximalen Widerstand von 2,5 MPa, nahm bis 55 cm Tiefe ab und wies bis in 80 cm Tiefe einen Widerstand von etwa 1,6 MPa auf (Abb. 1). Die gelockerten Streifen der Strip-Till-Variante wiesen in 3 – 16 cm Tiefe einen geringeren Widerstand als die Mulchsaat auf, wobei der Widerstand erst ab 13 cm Tiefe deutlich anstieg. Der Penetrationswiderstand in den nicht gelockerten Streifen der Streifenbearbeitung wies in 3 - 7 cm Tiefe einen tendenziell geringeren und in 9 – 17 cm Tiefe einen tendenziell höheren Penetrationswiderstand als die Mulchsaat auf. Zwischen 15 und 25 cm Tiefe sind kaum Unterschieden im Penetrationswiderstand zwischen den Bearbeitungs- und Bestellsystemen

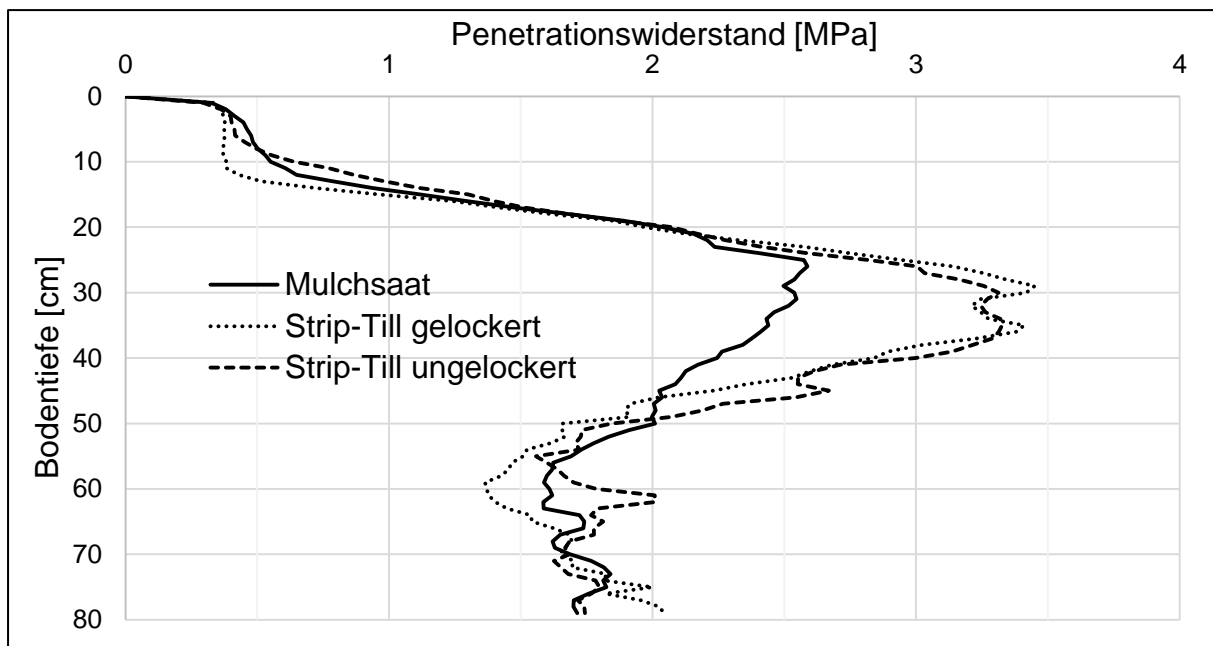


Abb. 1: Penetrationswiderstand in gelockerten und ungelockerten Streifen von Strip-Till im Vergleich zur Mulchsaat

festzustellen. Unterhalb von 25 cm steigt der Widerstand in beiden Varianten der Streifenbearbeitung bis in 30 cm Tiefe bis auf einen Widerstand von etwa 3,3 MPa an, so dass zwischen 25 und 48 cm Tiefe in der Streifenbearbeitung (gelockert und ungelockert) im Mittel deutlich höhere Widerstände bestehen.

In den Monitoringplots lag der Feldaufgang in der Mulchsaat im Mittel bei 65 %, in der Streifenbearbeitung bei 80 %.

Erste Ergebnisse zur Untersuchung der Wurzeldichte ergaben, dass nach Mulchsaat in der Oberkrume (0 – 14,5 cm) höhere Werte als nach Streifensaart vorliegen. In der Unterkrume (14,5 – 29 cm) ist die höchste Wurzeldichte im gelockerten Streifen der Strip-Till Variante festzustellen (Abb. 2).

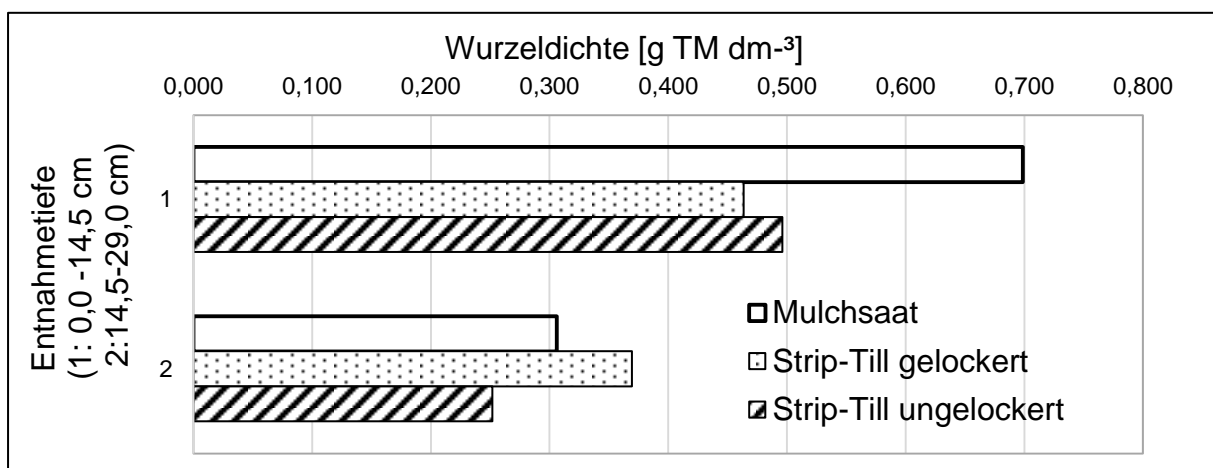


Abb. 2: Wurzeldichte in zwei Tiefen in gelockerten und ungelockerten Streifen von Strip-Till im Vergleich zur Mulchsaat

Untersuchung des Einflusses von Nährstoffversorgung und genetischem Fortschritt auf Qualitäts- und Ertragsfaktoren bei Winterweizen

Hubert Hüging¹, Stefan Siebert¹, Victor Rueda-Ayala¹, Thomas Gaiser¹
und Frank Ewert^{1,2}

¹Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Gruppe Pflanzenbau, Uni Bonn; ²Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg.
E-Mail: h.huening@uni-bonn.de

Einleitung

Neben der Düngung in mineralischer und/oder organischer Form ist es vor allem die Pflanzenzüchtung, die in den letzten 100 Jahren maßgeblich den Ertrag und auch die Qualität der Ernteprodukte beim Winterweizen verändert hat. Der Einfluss der Genetik auf Ertragstrends konnte zuletzt durch die Auswertung von langjährigen Wertprüfungsdaten (Piepho et al., 2014) und einem Vergleichsanbau alter und neuer Weizensorten (Ahlemeyer und Friedt, 2011) gezeigt werden. Ziel dieser Untersuchung war es, möglichst alle im Dauerdüngungsversuch Dikopshof seit 1904 eingesetzten Winterweizensorten vergleichend unter den heutigen Versuchsbedingungen anzubauen, um so die Unterschiede im Ertrag und auch in der Qualität der Ernteprodukte feststellen zu können.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurden in Kleinparzellen auf dem Dauerdüngungsversuch Dikopshof sechzehn unterschiedlich alte Winterweizensorten in jeder der 24 Düngungsvarianten mit einer Wiederholung angebaut. Die ausgewählten Sorten wurden alle während der mehr als 100-jährigen Versuchsdauer in der Regel fünf Jahre lang über die komplette Fruchtfolgerotation (Winterweizen, Winterroggen, Perserklee, Kartoffel (Hafer bis 1952) und Zuckerrübe) hinweg angebaut. Die Liste beginnt mit der ältesten Sorte 'Strubes Dickkopf', geht über Sorten, wie 'Heines VII', 'Jubilar' und 'Okapi' und endet bei der modernsten Sorte 'Tommi'.

Untersucht wurden neben dem Einfluss der Nährstoffversorgung und der Sorte auf Kornertrag weitere Qualitätsmerkmale, wie das Tausendkorngewicht, die Korngrößenverteilung, das Hektolitergewicht, Ährentragende Halme, Körner pro Ähre und bei ausgewählten Düngungsvarianten auch der N-Gehalt im Korn sowie der Strohertrag.

Ergebnisse und Diskussion

Entsprechend dem Düngeniveau finden wir z.B. bei der Volldüngungsvariante mit Stallmist (V1) deutlich größere Unterschiede, aber vor allem einen Anstieg im Kornertrag von den älteren und zu den moderneren Sorten (Abb. 1). Bei der ungedüngten Variante (V12) sind abhängig vom Alter der Sorte keine Unterschiede im Kornertrag festzustellen (Abb. 1).

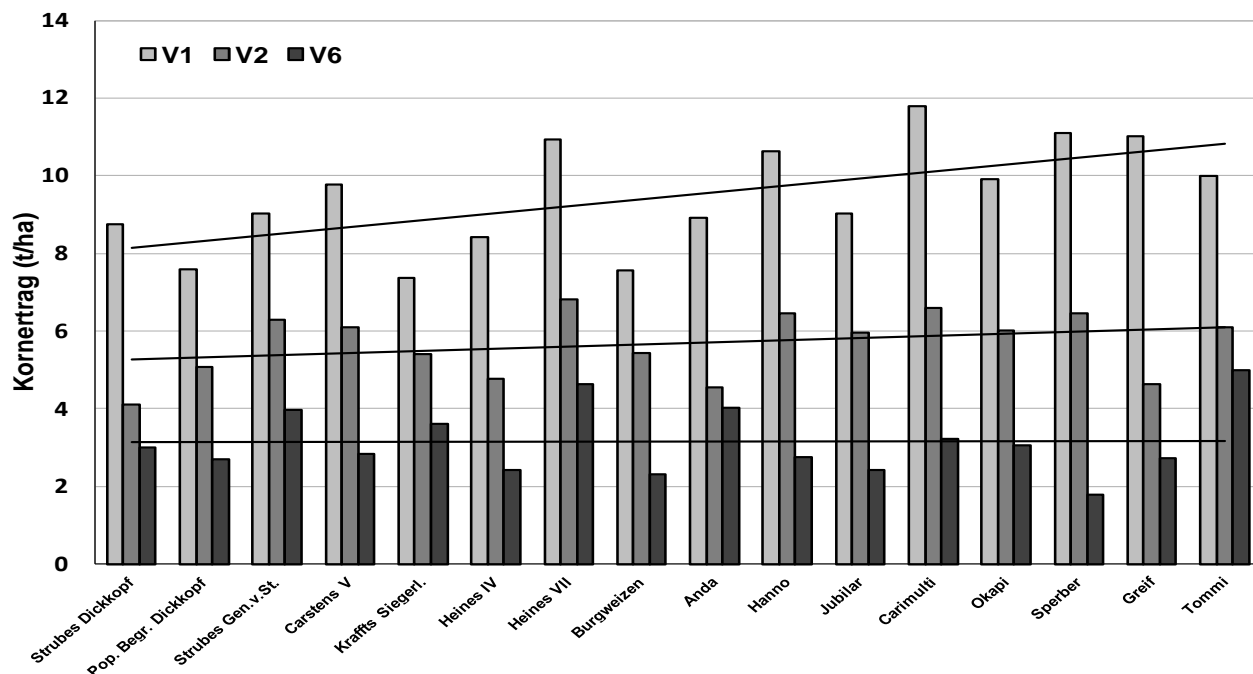


Abb. 1: Kornertrag verschiedener Weizensorten im Jahr 2015 bei unterschiedlicher Nährstoffversorgung (Variante 1, 2 und 6)

Beim Tausendkorngewicht wiesen die moderneren Sorten, unabhängig von der verabreichten Nährstoffmenge, höhere Werte auf als die älteren Sorten. Ein eher gegenläufiger Trend ist bei der Anzahl Ährentragender Halme festzustellen. Hier spielt das Alter der Sorte eine untergeordnete Rolle.

Literatur

Ahlemeyer, J., Friedt, W. (2011): Progress in winter wheat yield in Germany - What's the share of the genetic gain? pp. 19-23. In: 61. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs.

Piepho, H.P., Laidig, F., Drobek, T., Meyer, U. (2014): Dissecting genetic and non-genetic sources of long-term yield trend in German official variety trials. *Theoretical and Applied Genetics* 127, 1009-1018 (Erratum: 127: 1679).

Effekte der Dünger-N-Formen auf das Wurzelwachstum und die oberirdische Biomasse von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.)

Tobias Kirschke, Barbara Koblenz und Olaf Christen

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/ Ökologischer Landbau, Halle (Saale).
E-Mail: tobias.kirschke@landw.uni-halle.de

Einleitung

Ein angepasstes Stickstoff (N)-Dünger-Management ist erforderlich, um einerseits N-Verluste in die Umwelt zu minimieren und andererseits hohe Erträge zu garantieren. Eine ammoniumbetonte N-Düngung mit Harnstoff (HS) führt in der Rhizosphäre, im Vergleich zu einer nitratbetonten N-Düngung mittels Kalkammonsalpeter (KAS), zu abweichende Reaktionen (z.B. pH-Wert Absenkung) (RUAN et al., 2007). Indes sind Effekte auf das Wurzelwachstum von Winterweizen durch eine verlängerte Ammoniumphase (mittels stabilisiertem HS-Dünger) unter Feldbedingungen nicht vollständig geklärt. In der Studie sollten die Auswirkungen von zwei verschiedenen N-Düngern (zwei verschiedene N-Formen) auf die Wurzellängendichte (WLD), Wurzeltrockenmasse (WTM) und oberirdische Pflanzentrockenmasse (PTM) quantifiziert werden.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde an der landwirtschaftlichen Versuchsstation der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Merbitz (154 m NN, Ø Jahresniederschlag 546 mm, Ø Jahrestemperatur 9,8 °C, Bodentyp Chernozem aus Löss, Bodenart Slu) im Jahr 2014 durchgeführt. Die zu untersuchende Kultur Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) wurde als randomisierte Blockanlage mit drei Prüfglieder und vier Wiederholungen angelegt. Darin wurden eine ungedüngte Kontrolle und zwei verschiedene N-Dünger untersucht: ein granulierter KAS und ein granulierter HS mit einem Urease- und Nitrifikationsinhibitor (HS+UI+NI). Die N-Applikationsmenge betrug dabei jeweils 180 kg N ha⁻¹. KAS wurde in drei Gaben mit je 60 kg N ha⁻¹ zu Vegetationsbeginn, EC 31 und als Qualitätsgabe (EC 51) appliziert. Der doppelstabilisierte HS (HS+UI+NI) wurde in zwei Gaben zu Vegetationsbeginn (isochron mit 60 kg N ha⁻¹ KAS) und EC 37 mit 100 bzw. 80 kg N ha⁻¹ verabreicht.

Die Weizenwurzeln wurden zu den Entwicklungsstadien EC 37 und 65 mittels der Bohrkernmethode nach BÖHM (1979) bis in 80 cm Bodentiefe gewonnen. Der Bodenmonolith wurde in 20 cm Abschnitte segmentiert und die Wurzeln anhand eines 630 µm maschenbreiten Siebes vom Boden abgetrennt. Die WLD der ausgewaschenen Wurzeln wurde mit Hilfe der WinRhizo[®] Software (Regent Instruments Canada Inc., 2013) quantifiziert. Aufgrund von trockenen Bodenverhältnissen im Mai und Juni konnten die Wurzeln zum EC 65 ausschließlich bis zu einer Tiefe von 40 cm gewonnen werden. Die PTM (Ernte) und WTM (EC 37 & 65) wurden nach einer 48-stündigen Trocknung bei 65 °C ermittelt. Die Mittelwerte der Prüfglieder wurden mittels einer Varianzanalyse (F-Test) verglichen (p<0,05).

Ergebnisse und Diskussion

In allen Varianten hat sich zu beiden EC-Stadien bei der WLD ein deutlicher Tiefengradient herauskristallisiert. (Abb. 1a, b). Lediglich zum früheren Entwicklungs-

stadium (EC 37) konnten geringfügige Unterschiede zwischen den zwei Dünger-N-Formen beobachtet werden: Das Prüfglied HS+UI+NI zeigte tendenziell höhere WLD von 0 bis 40 cm Tiefe. Zum EC 65 wurden keine N-prüfgliedspezifischen WLD-Differenzen festgestellt. Ein Vergleich beider N-Düngervarianten mit der Kontrolle ließ in den oberen 40 cm jedoch auf eine intensivere Durchwurzelung in den gedüngten Böden schließen (Abb. 1b).

Generell offenbarten die Ergebnisse aus dem Jahr 2014 nur Tendenzen und keine signifikanten Unterschiede zwischen den untersuchten Dünger-N-Formen. Ferner korrelieren die WLD zu beiden Terminen (prüfgliedunspezifisch) stark mit den WTM ($R^2=0,94$ (EC 37) bzw. $R^2=0,89$ (EC 65)) (Ergebnisse nicht dargestellt).

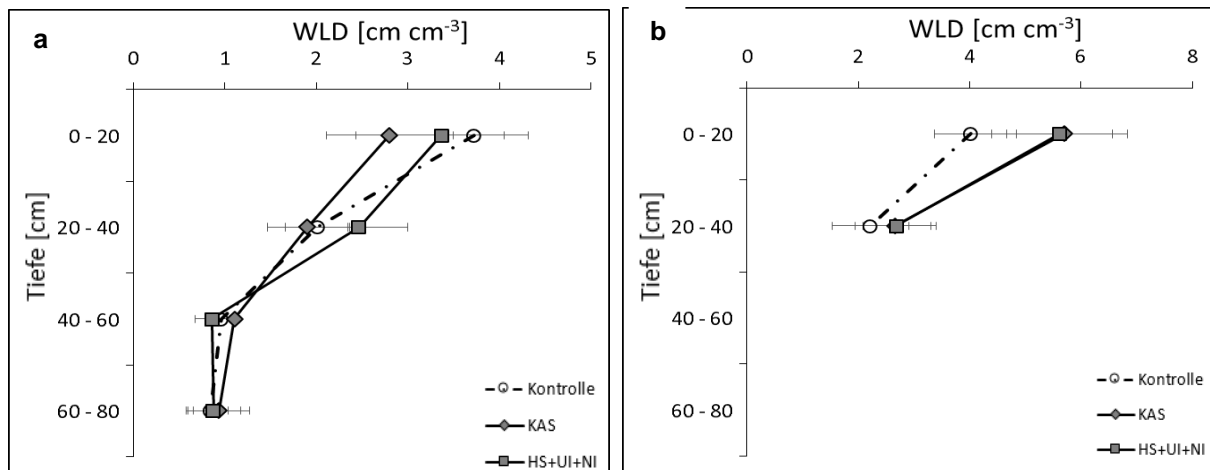
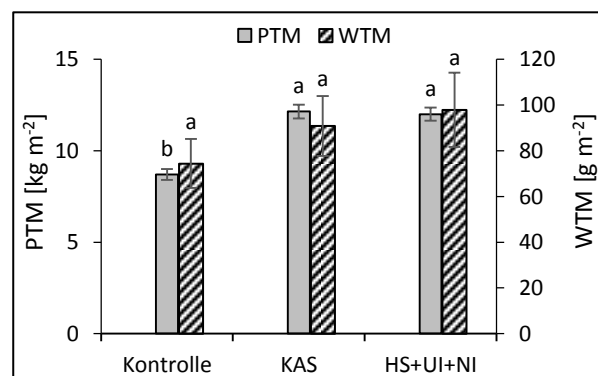


Abb. 1: Wurzellängendichte (WLD, $n=4$) von Winterweizen bei zwei verschiedenen Dünger-N-Formen und einer ungedüngten Kontrolle in verschiedenen Tiefen zu den Entwicklungsstadien (EC) 37 (a) und 65 (b) im Jahr 2014.

Verglichen mit der Kontrolle wurden in beiden Düngevarianten zur Ernte signifikant höhere PTM quantifiziert, wobei zwischen den Dünger-N-Formen keine Unterschiede auftraten (Abb. 2). Zudem spiegelten sich höhere PTM zur Ernte tendenziell in höheren WTM zum EC 65 (maximale Wurzelentwicklung) wieder (variantenunspezifisch).

Abb. 2: Pflanzentrockenmasse (PTM, $n=4$) zur Ernte und Wurzeltrockenmasse (WTM, $n=4$) zum EC 65 von Winterweizen bei zwei verschiedenen Dünger-N-Formen und einer ungedüngten Kontrolle im Jahr 2014. Verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten ($p<0,05$).



Literatur

- Böhm W.: 1979. Methods of studying root systems. Springer Verlag, Berlin, 39-47 & 115-124
 Ruan J., Gerendas J., Härdter R., Sattelmacher B.: 2007. Effect of nitrogen form and root-zone pH on growth and nitrogen uptake of Tea (*Camellia sinensis*) plants. Annals of Botany, 99, 301-310.

Mechanische Kontrollmöglichkeiten von Rapsdurchwuchs in Holli-Rapsbeständen zur Einhaltung gewünschter Fettsäuremuster

Sebastian Schwabe, Sabine Gruber und Wilhelm Claupein

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, 70599 Stuttgart.

E-Mail: *Sebastian.Schwabe@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Bei „Holli-Raps“ („High Oleic – Low Linolenic“) handelt es sich um einen speziellen 00-Sortentyp mit erhöhtem Ölsäure- und reduziertem Linolensäuregehalt. Dadurch verhält sich Holli-Raps-Öl bei starker Erhitzung stabiler, so dass weniger gesundheitsbedenkliche Transfettsäuren auftreten.

Durchwuchs anderer Sortentypen führt im Holli-Rapsbestand durch Auskreuzungen und eigene Samenproduktion zu einer Verzerrung des Fettsäuremusters. Insbesondere kann es zur Erhöhung des Linolensäuregehalts über eine tolerierbare Höhe von 3 % hinaus kommen.

Material und Methoden

Auf der Versuchstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim wurde ein „künstlicher“ Bodensamenvorrat der herkömmlichen Linienrapssorte „Adriana“ durch Ausstreuen von 50 Körnern m^{-2} und flaches Einarbeiten etabliert. Nach 14 Tagen fand am 03.09.14 die Saat der Holli-Rapssorte „NX2220“ (45 Körner m^{-2}) statt. Zur Kontrolle des Durchwuchsrapses erfolgten verschiedene mechanische Bekämpfungsstrategien einschließlich unbehandelter Kontrollvarianten mit den folgenden Varianten: Striegeln (Stri) bei einem Reihenabstand des angebauten Hollirapses von 12 cm, Hacken (Ha) bei einem Reihenabstand von 24 cm sowie die dazugehörigen unbearbeiteten Kontrollen mit jeweils dem entsprechenden Reihenabstand (KoStri, KoHa). Folgende Herbizide kamen in diesen Varianten zum Einsatz: „Butisan Gold“ (am 10.09.2014) und „Fusilade Max“ (am 20.10.2014). Eine weitere Variante bestand aus Hacken ohne Herbizideinsatz (HaOHe), ebenfalls bei 24 cm Reihenabstand, um in einem weiteren, an dieser Stelle nicht dargestellten, Ansatz zu prüfen, inwiefern eine mechanische Bekämpfung allein in der Lage ist, Unkrautdruck zu verringern (Irla 1994). Die mechanischen Bekämpfungsmaßnahmen erfolgten je Variante einmal im Herbst in BBCH 14 und im Frühjahr nach Vegetationsbeginn. Bei dem hier vorgestellten Versuch handelt es sich um einen Teilaspekt aus einem größeren Versuch mit zwei Holli-Rapssorten mit und ohne etabliertem Durchwuchsrap in einer Spaltanlage mit vier Wiederholungen. Unterschiedliche Wuchshöhen ermöglichten eine Unterscheidung von gesättem Holli-Raps und Durchwuchsrap im BBCH 75 am 11.06.2015. Der Linolensäuregehalt als Indikator für Holliqualität und damit als Erfolgsfaktor der Bekämpfung wurde mittels Gaschromatographie ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Vergleich zu den jeweiligen Kontrollen (KoStri: 1,8 Pfl. m^{-2} , KoHa: 1,9 Pfl. m^{-2}) konnte die Durchwuchsrapanzahl weder durch Striegeln (1,7 Pfl. m^{-2}) noch durch Hacken (1,9 Pfl. m^{-2}) signifikant reduziert werden (Abb. 1A). Signifikante Unterschiede bestanden nur zwischen KoHa (2,6 Pfl. m^{-2}) und HaOHe (1,2 Pfl. m^{-2}).

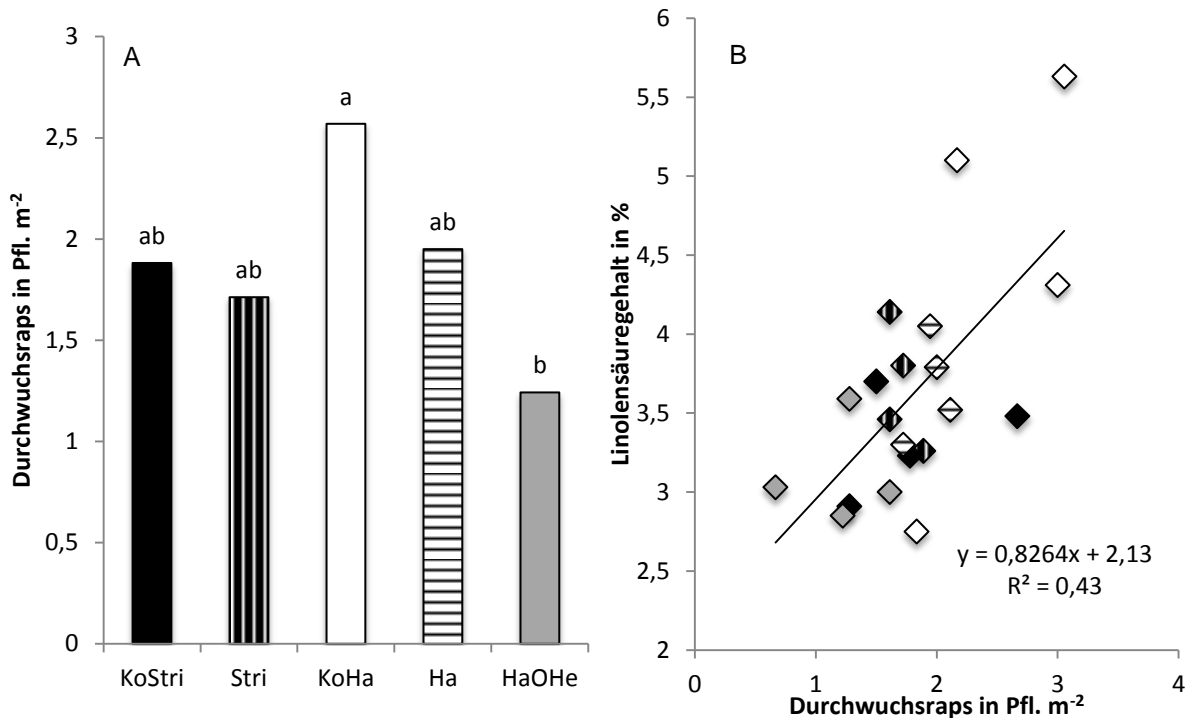


Abb.1 (A): Durchwuchsrap (Pfl. m⁻²) in Raps in Abhängigkeit von der Bekämpfungsstrategie. Stri: Striegeln mit Herbizideinsatz, 12 cm Reihenabstand; Ha: Hacken mit Herbizideinsatz, 24 cm Reihenabstand, KoStri und KoHa: unbearbeitete Kontrollen bei 12 bzw. 24 cm Reihenabstand (mit Herbizideinsatz); HaOHe: Hacken ohne Herbizideinsatz, 24 cm Reihenabstand. Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha=0,05$; t-Test), Buchstaben bezogen auf transformierte (nicht gezeigt) Werte. (B) Linolensäuregehalt (%) im Erntegut des Holli-Rapsbestands in Abhängigkeit von der Menge an Durchwuchsrap (Pfl. m⁻²); Versuchsstation Ihinger Hof, 2014.

Diese lassen sich vermutlich auf Konkurrenzerscheinungen zwischen erhöhtem Unkrautdruck in Folge des Verzichts auf Herbizide in HaOHe und Durchwuchsrap zurückführen (Zusammenhang nicht dargestellt). Zwischen der Menge an Durchwuchsrap und dem Linolensäuregehalt des Ernteguts schien ein schwach positiver Zusammenhang zu bestehen (Abb. 1B). Eine den Anforderungen an Holli-Rapsöl entsprechende Qualität bezüglich des Linolensäuregehalts wurde annähernd von den Varianten HaOHe, KoStri, Stri und Ha erreicht, der für KoHa ermittelte Wert wich am deutlichsten ab. Vor allem ein enger Reihenabstand (Stri, KoStri) als auch Hacken (Ha, HaOHe) führten vermutlich durch Beschattung bzw. durch eine höhere Intensität der Bekämpfung zu einer geringeren Menge an Durchwuchsrap und damit zu geringeren Linolensäuregehalten. Der tendenziell geringe R^2 -Wert (0,43) könnte der generell geringen Durchwuchsrapdichte geschuldet gewesen sein sowie auch der Tatsache, dass die Berechnung bezogen auf die Gesamtpflanzenanzahl stattfand, und nicht auf die jeweilige Samenproduktion, die je nach Bekämpfungsmaßnahme und dem zur Verfügung stehenden Standraum stark variieren könnte.

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.

Raps – ein wichtiges Element der Fruchtfolgen in Mecklenburg-Vorpommern

Andrea Ziesemer

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

Einleitung

Fruchtfolgen sind eine wichtige Voraussetzung für hohe und sichere Erträge sowie eine ökonomische Effizienz. Agrarstatistische Erhebungen lassen eine Zunahme vereinfachter Anbaumuster bis hin zum Daueranbau einzelner Fruchtarten erkennen. Für die Modellierung von Fruchtfolgen gewinnen die Daten der Agrarverwaltung an Bedeutung. Rapsanbaufolgen wurden aus den Daten des Integrierten Verwaltungs- und Kontrollsystems (InVeKoS) abgeleitet.

In Mecklenburg-Vorpommern werden auf drei Viertel des Ackerlandes Mähdruschfrüchte angebaut. Winterraps ist die wichtigste angebaute Ölsaart und eine unverzichtbare Blattfrucht in den getreidebetonten Fruchtfolgen. Die vielfältigen Verwertungsmöglichkeiten führten zu einer starken Ausdehnung des Rapsanbaus in Verbindung mit immer kürzer werdenden Anbaupausen. Auf Grund seiner hohen Stickstoffsalden steht der Rapsanbau im Focus der öffentlichen Kritik. Handlungsoptionen zur Einhaltung der Bilanzsalden sind unumgänglich, vor allem im Hinblick auf die neue Düngeverordnung (DüV_{neu}). Dazu zählt u.a. die Absenkung des Stickstoffdüngungsniveaus (Ziesemer, Bull, 2015). Wie sich dies auf die ökonomischen und ökologischen Belange der Nachhaltigkeit auswirkt, wird an Hand typischer Rapsfruchtfolgen untersucht.

Material und Methoden

Die InVeKoS-Daten des Landes Mecklenburg-Vorpommern der Jahre 2005 bis 2013 enthielten 1.007.458 Datensätze, die durch die Kombination der Jahre auf 158.751 reduziert wurden. Aus den angebauten Fruchtarten je Schlag und Jahr konnten neunjährige Anbaufolgen rekonstruiert werden.

Abgeleitete typische Rapsfruchtfolgen wurden auf der Grundlage der Daten aus den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern (LFA MV) für D4/5-Standorte mit Ackerzahlen zwischen 34 und 59 modelliert (Abb. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Aus den InVeKoS-Daten ergeben sich für die neun Untersuchungsjahre 17.830 Kombinationsmöglichkeiten der Kulturen. Mit 36.994 ha liegt die Fruchtfolge Raps-Weizen-Gerste an erster Position. Weitere Rotationen haben deutlich geringere Flächenanteile. Raps-Weizen-Weizen wurde auf 8.912 ha angebaut, Silomais in neunjähriger Selbstfolge auf 7.526 ha. Der Anteil eindeutig definierter Rotationen ist sehr klein, festen Fruchtfolgen wird über einen langen Zeitraum nicht gefolgt.

In den modellierten Fruchtfolgen konnten die Erträge nur in Abhängigkeit von der Vorfrucht ermittelt werden. Dadurch erscheint die enge Folge Raps-Weizen im Status quo ökonomisch am günstigsten (Abb. 1). Die Auswertung der mittleren Stickstoffsalden zeigt, dass in den Mähdruschfruchtfolgen die nach Düngeverordnung bisher geltende 60-kg-Grenze nicht eingehalten wurde (Abb. 1, kleine dunkle Säule).

Silomais kann bei sachgerechter Düngung Stickstoff sehr effizient verwerten. Der N-Saldo der Fruchtfolge liegt im Status quo unter 60 kg/ha N und Jahr. Beim Deckungsbeitrag schneidet diese 4-feldrige Fruchtfolge besser ab als die 3-feldrigen. Versuchsergebnisse prognostizieren für enge Raps-Weizen-Folgen einen um fast 25 % geringeren Rapsenertrag im Vergleich zu weiten Anbaupausen. Wird der Ertragsrückgang berücksichtigt, ist das Ergebnis weder in ökonomischer noch in ökologischer Hinsicht nachhaltig. Eine Reduzierung der Stickstoffdüngung erfolgte zu Raps von 232 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, zu Stoppelweizen 210 kg/ha N. Gerste bekommt 160 kg/ha N. Auf Basis der Produktionsfunktionen aus langjährigen Stickstoffsteigerungsversuchen der LFA MV werden die Ertragsauswirkungen kalkuliert. Die Deckungsbeiträge der Raps-Weizen-Silomais-Weizen-Fruchtfolge und die 3-feldrigen Mähdruschfruchtfolgen mit hohem Stoppelweizenanteil bleiben auf dem gleichen Niveau. Aufgrund des großen Preisabstands zum Qualitätsweizen fällt die Folge mit Wintergerste ab.

Beim Stickstoffsaldo lassen sich deutliche Erfolge erzielen (Abb. 1). Die 3- und 4-feldrigen Fruchtfolgen unterschreiten deutlich die 50-kg-Grenze und werden den Vorgaben der $DüV_{neu}$ gerecht. Eine moderate Absenkung des Stickstoffdüngungsniveaus kann einen wesentlichen Beitrag zu einem ökologischeren Rapsanbauverfahren leisten und das bei nur geringen wirtschaftlichen Einbußen. Dieser Vorteil gilt vor allem für die auf den besseren Böden wirtschaftenden Betriebe.

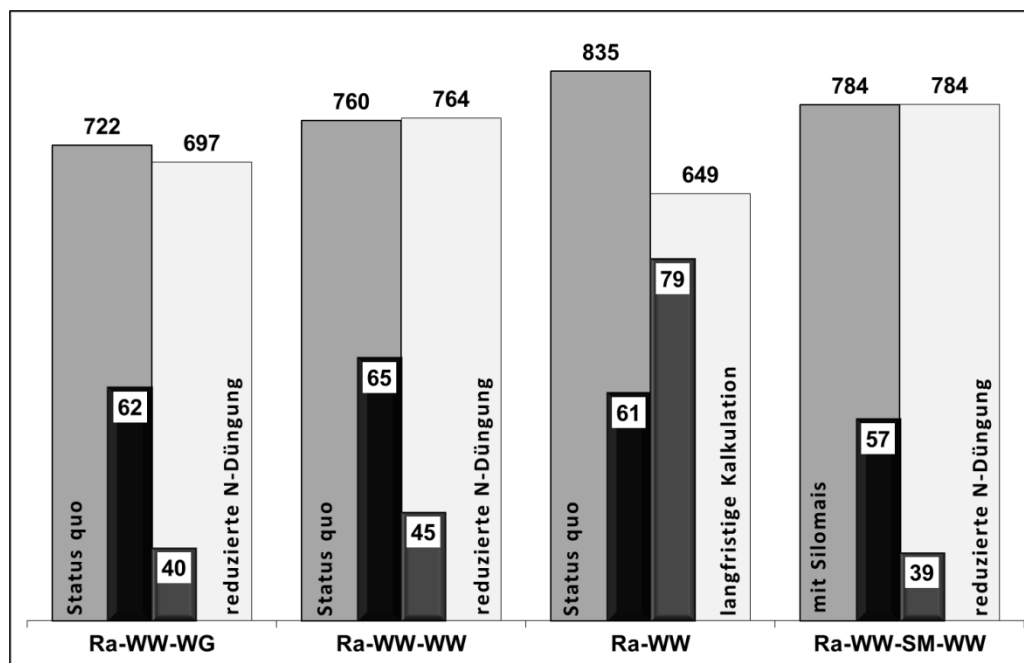


Abb. 1: Jährliche Deckungsbeiträge (€/ha) und Stickstoffsalden (kg/ha N, kleine dunkle Säule) der Fruchtfolgen, D4/5-Standort; AZ 34-59

Literatur

Ziesemer, A., Bull, I. (2015): Einhaltung der N-Salden auf guten Standorten möglich?, www.lfamv.de/cms2/LFA_prod/LFA/content/de/Fachinformationen/?artikel=7366

Differenzierungen zwischen Inhaltsstoffen von Achänen und Samen der perennierenden Energiepflanze Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.)

Walter Frölich¹, Michael Kruse², Holger Hrenn³, Sonja Schlosser³, Hans Kurz³ und K. Stolzenburg⁴

¹ Consultant Donau Silphie, Sachsenheim; ² Univ. Hohenheim, Fg. Saatgutwissenschaft u. – technologie; ³ Landesanstalt landw. Chemie, S-Hohenheim; ⁴ Landw. Technologie Zentrum (LTZ), KA-Augustenberg. E-mail: Walter.Froelich@gmx.net

Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) ist ein aus der nordamerikanischen Prärie stammender perennierender Korbblütler (*Asteraceae*). Als Biogas-Substrat in silierter Form hat sie ein hohes Leistungspotenzial bewiesen. Ihre charakteristisch abgestuften Infloreszenzen (Dichasia) mit leuchtend gelben Blüten werden von Hymenopteren wie Bienen, Wildbienen, Hummeln, Schwebfliegen etc. befliegen und sie bietet Deckung für Wildtiere und zahlreiche wirbellose Tierarten. Entscheidender Faktor für eine rasche Ausdehnung der Anbaufläche ist Direktsaat mit qualitativ hochwertigem Saatgut standortangepasster, leistungsfähiger Formen. Lunenberg u. Hartmann (2016) aktualisierten Entzüge bei Haupt- und sekundären Nährstoffen in oberirdischen Teilen der Durchwachsenen Silphie. Das Saatgut wird jedoch noch nicht getrennt ausgewiesen.

Frölich u. Stolzenburg wiesen aber bereits 2012 darauf hin, dass die unzureichende Keimfähigkeit der Silphien-Achänen in Defiziten im Mineralstoff- und Spurenelementgehalt begründet sein könne, ein Ansatz, den Frölich *et al.* (2015) weiterverfolgten. Frölich *et al.* (2016) zeigten erstmals, dass die botanisch als Frucht anzusprechende Achäne der Silphie im Gehalt einiger mineralischer Elementen deutliche Differenzen zwischen der Fruchthülle als *vegetativer* Komponente (Sprossenteil) und eigentlichem Samen als *generativem* Pflanzenteil aufweisen kann.

Es sei an dieser Stelle angemerkt, dass 2016 ein entscheidender Durchbruch in der Aussaat der Silphie – mit Mais als Deckfrucht – durch eine in Baden-Württemberg entwickelte Sätechnik gelungen ist.

Material und Methoden

Achänen (Früchte) dreier Herkünfte (Erntejahre 2013-2015) der Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) wurden in die Komponenten Fruchthülle und Samen zerlegt. Diese wurden an der Landesanstalt für landwirtschaftliche Chemie, Stuttgart-Hohenheim, auf ihre Gehalte an Mineralstoffen und Spurenelementen analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Unterschiede in mineralischen Inhaltsstoffen von Fruchthülle (Wert 1) und Samen (Wert 2) werden nachstehend herausgearbeitet, als Mittelwerte von drei Herkünften.

Die Ergebnisse zeigen, dass bei einigen Elementen Translokation und Akkumulation von der Hülle in den Samen problemlos vonstatten gehen, bei anderen dagegen eine Art Barriere zu existieren scheint. Diese könnte in Endospermstrukturen bestehen, deren genauer Aufbau, insbesondere im Kontext mit der Funktion des Calcium (Ca) als Signalgeber in der Enzymaktivierung (Marschner 1989) näher zu untersuchen wäre. Nach Hanns (2016, pers. Mitt.) kommt dem Ca in der Samenkeimung vor

anderen Nährstoffen eine vorrangige Rolle zu und es könnte auch den limitierenden Faktor in Induktion und Stimulation der Samenkeimung bei der Silphie darstellen.
Die einzelnen Elemente :

Stickstoff (N – 0.95 / 6.95 %) : Fruchthüllen und Samen unterscheiden sich im Rohprotein (RP) -Gehalt sehr stark, erstere enthalten etwa 6 %, letztere 40-45 % RP.
Andere Makronährstoffe

Phosphor wird sehr stark in den Samen umgelagert (P - 0.13 / 0.85 %).

Kalium verbleibt zu einem Großteil in der Fruchthülle (K -1.60 / 0.91 %), offensichtlich existiert hier eine Translokationsbarriere.

Sekundärnährstoffe

Schwefel (S – 0.17 / 0.36 %) und Magnesium (Mg – 0.23 / 0.44 %) werden zu zwei Dritteln transloziert - **Calcium (Ca – 1.30 / 0.12 %) nur zu etwa einem Zehntel.**

Mikronährstoffe (Kationen)

Eisen (Fe – 51 / 82 mg/kg) wird mäßig, Kupfer (Cu – 08 / 18 mg/kg) relativ und Zink (Zn – 18 / 56 mg/kg) sehr stark umgelagert.

Mangan (Mn – 27 / 17 mg/kg) und Chrom (Cr – 1.0 / 0.4 mg/kg) verbleiben zu einem Großteil in der Fruchthülle.

Mikronährstoffe (Anionen)

Bor (B – 21 / 13 mg/kg) und Molybdän (Mo – 0.60 / 0.24 mg/kg) spielen beide in der Samenkeimung eine bedeutende Rolle. Es gibt jedoch eine Translokations-Barriere.

Methanogenese

Die in der Methanogenese essenziellen Elemente Nickel (Ni – 1.2 / 4.3 mg/kg) und Cobalt (Co – 0.07 / 0.15 mg/kg) werden in starkem Maße in den Samen umgelagert.

Die Elemente Wolfram (W) und Vanadium (V), ebenfalls essenziell für Archaea-Bakterien, waren nicht nachweisbar oder lagen nur knapp über der Nachweisgrenze.

Toxische Elemente

Die Elemente Blei (Pb), Arsen (As), Cadmium (Cd), Quecksilber (Hg) und Thallium (Tl) waren nicht nachweisbar bzw. lagen nur knapp über der Nachweisgrenze.

Weitere Elemente

Die Alkalimetalle Natrium (Na – 80 / 5.7 mg/kg) und Rubidium (Rb – 5.6 / 8.5 mg/kg) werden in geringem Umfang in den Samen eingelagert, ebenso die Erdalkali-Metalle Barium (Ba – 15 / 1.2 mg/kg) und Strontium (Sr – 43 / 4.8 mg/kg).

Literatur

Frölich, W., u. K. Stolzenburg, 2012: Anbaupotenzial und Saatguteigenschaften der Durchw. Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) Ber. Ges. f. Pflanzenbauwiss. 6, 81-84.

Frölich, W., D. Trölenberg, H. Kurz, H. Hrenn, K. Stolzenburg, 2015: Mineralstoffe, Spurenelemente, Rohfett und Fettsäuremuster in Achänen der alternativen Energie-pflanze „Durchwachsene Silphie“ (*Silphium perfoliatum* L.) Poster, 58. Tagung Ges. Pflanzenbauwiss. „Multifunktionale Agrarlandschaften – Pflanzenbaulicher An-spruch Biodiversität, Ökosystemdienstleistungen“, 22.-24.09.2015, TU Braunschweig.

Frölich, W., H.-F. Utz, H. Kurz, H. Hrenn, S. Schlosser, K. Stolzenburg, 2016: Essenzielle und toxische Spurenelemente in Achänen der perennierenden Energie-pflanze Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum* L.) Poster. Arbeitstagung der AG Saatgut- und Sortenwesen, Ges. Pflanzenzüchtung und Ges. Pflanzenbauwiss. „Erhaltungsstrategien für Saatgut im Kontext sich verändernder Umweltbedingungen – 04./05.04.2016, Univ. Regensburg.

Lunenberg, T. u. A. Hartmann, 2016: Nährstoffentzüge von Durchwachsener Silphie in Bayern Posterbeitrag: Durchwachsene Silphie - Eine Energiepflanze der Zukunft? 09.-10.05.2016 JKI THÜNEN Braunschweig.

Marschner, H., 1989: Mineral Nutrition of Higher Plants. 3rdrpr., Academic Press Ltd., London, 674 pp.

Langzeit-Ergebnisse zum Miscanthusanbau in Bayern

Anja Hartmann und Maendy Fritz

Technologie- und Förderzentrum im Kompetenzzentrum für Nachwachsende Rohstoffe (TFZ),
Straubing, E-Mail: anja.hartmann@tfz.bayern.de

Einleitung

Der Anbau von perennierenden Energiepflanzen zur thermischen Verwertung, wie z.B. Miscanthus, kann einen wichtigen Beitrag zur alternativen und dezentralen Energie- bzw. Wärmeversorgung, besonders im ländlichen Raum, leisten. Durch die Mehrjährigkeit ergeben sich ökologische Vorteile gegenüber annuellen Ackerbaufrüchten (z.B. ganzjährigen Bodenbedeckung, reduzierte Bodenbearbeitung). Zudem hat Miscanthus ein hohes Ertragspotential und zeichnet sich durch einen geringen pflanzenbaulichen Aufwand aus. Um Fragen zur möglichen Nutzungsdauer, dem Langzeit-Ertragspotential sowie zur Stickstoff-Düngung beantworten zu können, führt das TFZ seit 1989 bzw. 1991 auf drei bayerischen Standorten Langzeit-Erhebungen durch.

Material und Methoden

Die Standorte des Versuches befinden sich in Freising (Ldkr. Freising), in Puch (Ldkr. Fürstenfeldbruck) und in Güntersleben (Ldkr. Würzburg). Bei den beiden ersteren handelt es sich um Flächen der Münchner Schotter- und Moorgebiete mit ausreichenden Niederschlägen. Güntersleben liegt im Fränkischen Gäu und ist damit wärmer und trockener. Kennzahlen der Versuchsstandorte sind Abb. 1 zu entnehmen. In Freising und in Puch wurden die Bestände des *Miscanthus x giganteus* 1990 gepflanzt. Der Standort Güntersleben existiert bereits seit 1989. Die Bestände werden jährlich im Frühjahr mit einem Parzellenhäcksler geerntet und mit mineralischem Stickstoff in verschiedenen Düngestufen sowie Phosphor (20 kg P₂O₅/ha) und Kalium (100 kg K₂O/ha) gedüngt. Weitere Pflegemaßnahmen werden nicht durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse in Abb. 1 zeigen das hohe Ertragspotential des Miscanthus. Der mittlere Trockenmasseertrag (TM) über 25 Jahre liegt auf dem Standort Freising bei 25,2 t TM/ha und in Puch bei 17,4 t TM/ha. Maximal wurden auf den beiden Standorten 34,2 bzw. 25,8 t TM/ha geerntet. In Güntersleben liegen bereits 27-jährige Ergebnisse vor. Hier liegt der Ertrag im Mittel über 27 Jahre bei 17,8 t TM/ha und das Maximum bei 24 t TM/ha. Die Ertragsunterschiede zwischen den Standorten sind auf die spezifischen boden-klimatischen Bedingungen zurückzuführen. Freising ist ein begünstigter Standort in geschützter Lage, mit sehr gutem Boden und ausreichend Niederschlägen. Die Versuchsfläche in Puch ist nicht gegen Wind und Schneefall geschützt. Hier treten des Öfteren Ernteverluste aufgrund von Lager auf. Güntersleben befindet sich zwar in geschützter Tallage, aber die geringeren Niederschlagsmengen machen sich im Ertrag bemerkbar.

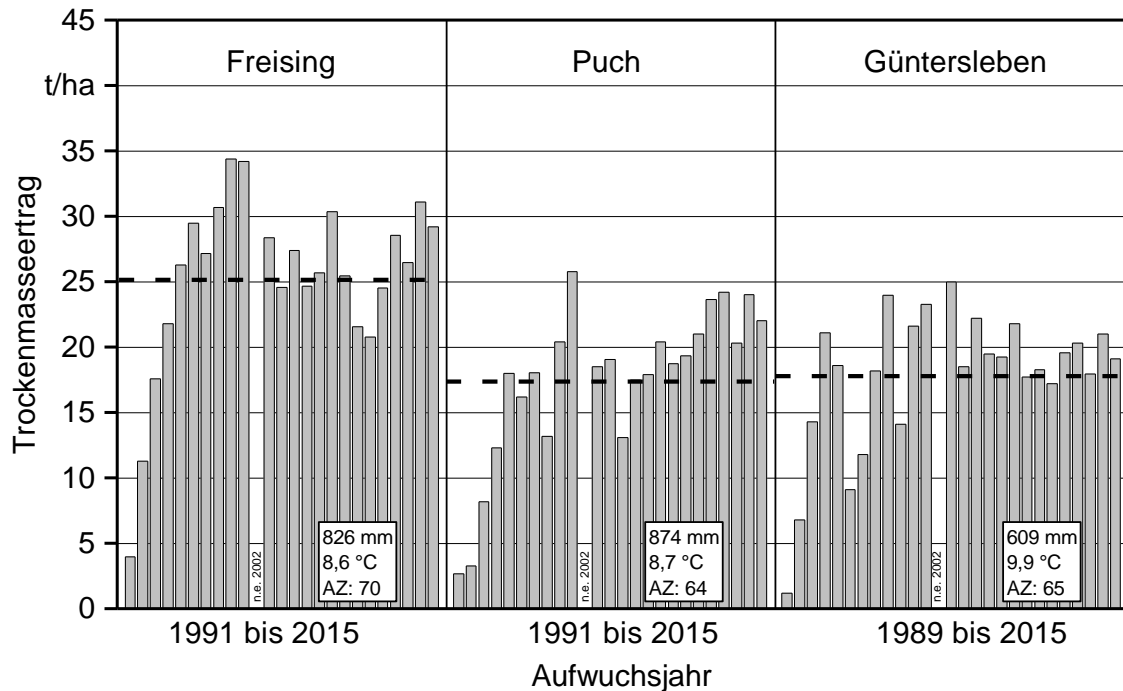


Abb. 1: Trockenmasseertrag von *Miscanthus x giganteus* an den Standorten Freising (75 kg N/ha), Puch (75 kg N/ha) und Güntersleben (100 kg N/ha); Mittelwert über alle Jahre wird durch die gestrichelte Linie dargestellt.

Ein Düngeversuch zur Untersuchung des Einflusses der Stickstoffdüngung auf den TM-Ertrag von *Miscanthus* ergab unterschiedliche Ergebnisse. Auf dem Standort Freising brachte eine Düngung von 75 kg/ha eine signifikante Ertragssteigerung von 3,9 t TM/ha im Vergleich zu 0 kg N/ha. Eine Erhöhung der N-Düngung um weitere 75 kg/ha führte zwar tendenziell zu mehr Ertrag, dieses Ergebnis lässt sich jedoch nicht statistisch absichern. Auf dem Standort Güntersleben hingegen ist kein Effekt der N-Düngung erkennbar. Hier begrenzen andere Faktoren das Wachstum des *Miscanthus*, bzw. sind die über die abgefallenen Blätter zurückgeführten Nährstoffe ausreichend für maximales Wachstum.

Tab. 1: TM-Ertrag von *Miscanthus x giganteus* bei unterschiedlicher N-Düngung als Mittelwert der Aufwuchsjahre 1992 bis 2015; signifikante Unterschiede innerhalb des Ortes sind mit unterschiedlichen Buchstaben gekennzeichnet

Düngestufe in kg N/ha	0	50	75	100	150
Freising	22,3 ± 5,4 ^a	-	26,2 ± 5,2 ^b	-	27,8 ± 7 ^b
Güntersleben	20,5 ± 4,1 ^a	20,2 ± 3,5 ^a	-	19,1 ± 3,7 ^a	20,2 ± 4,2 ^a

- Düngestufe nicht durchgeführt

Fazit

Bei gut etablierten Beständen des *Miscanthus x giganteus* kann von einer möglichen Nutzungsdauer von mindestens 25 Jahren mit dauerhaft hohen Erträgen ausgegangen werden. Ob eine N-Düngung sinnvoll ist, muss standortabhängig entschieden werden. Moderate Düngergaben von 50 bis maximal 75 kg N/ha sind möglich. Probleme können in schneereichen Gebieten oder auf dem Wind ausgesetzten Standorten lagernde Bestände bereiten.

Einfluss von Substratausgangsstoffen aus Nachwachsenden Rohstoffen auf physikalische Eigenschaften von Pflanzsubstraten

David Hehmann¹, Birgit Lepp¹, Georg Völkerling² und Ralf Pude^{1,2}

¹ INRES –Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ² Außenlabore Campus Klein-Altendorf, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn.
E-Mail: dhehmann@uni-bonn.de.

Einleitung

Aufgrund der sich, in Folge von gesellschaftlichem und politischem Druck, abzeichnenden sinkenden Verfügbarkeit von Torf als universell eingesetzter Ausgangsstoff in der deutschen Substratproduktion, erlangen alternative Substratausgangsstoffe immer mehr an Bedeutung. Jedoch ist man von einer Substitution der jährlich in Deutschland verarbeiteten 8,5 Mio. m³ Torf durch die herkömmlichen als Torfersatzstoffe in Frage kommenden Substratausgangsstoffe noch weit entfernt (IVG 2016). Als Gründe dafür sind u.a. die ebenfalls eingeschränkte Verfügbarkeit dieser Stoffe und deren z.T. stark schwankenden Qualitäten zu nennen. Die Herstellung von Substratausgangsstoffen aus Nachwachsenden Rohstoffen, insbesondere aus mehrjährigen low-input Biomassepflanzen, stellt eine mögliche Ergänzung zu den herkömmlichen Torfersatzstoffen dar. Durch die Möglichkeit des Anbaus dieser Pflanzen in unmittelbarer Nähe zum Produktionsstandort und durch die dabei z.T. ausbleibende Bodenbearbeitung und Düngung kann eine ressourcenschonende Produktion nachhaltiger Substratausgangsstoffe gleichbleibender Qualität erreicht werden. Bevor diese jedoch in der Praxis ihre Anwendung finden, müssen ihre Substrateigenschaften genau erforscht werden. Dabei sind u.a. die physikalischen Substrateigenschaften von besonderer Bedeutung. Sie sollten zu Beginn der Kultivierungsphase im Optimalbereich der jeweiligen Kultur liegen, da sie sich anschließend nicht weiter beeinflussen lassen. Neben den spezifischen Stoffeigenschaften spielt hierbei die Aufbereitungsmethode des Ernteguts zusätzlich eine zentrale Rolle. Ihr Einfluss auf die Partikelstruktur und Größenfraktionierung kann sich u.a. wesentlich auf das Porenvolumen, die Porengrößenverteilung und somit auf die Luft- und Wasserkapazität des Ausgangsstoffs und letzten Endes auf die Substratmischung auswirken. Deshalb soll in einem von der FNR e.V. geförderten Projekt der Einfluss von verschiedenartig aufbereiteten Nachwachsenden Rohstoffen, hier am Beispiel von *Miscanthus x giganteus*, auf die physikalischen Substrateigenschaften näher beleuchtet werden.

Material und Methoden

Für die Versuche wurde am Campus Klein-Altendorf geerntetes Miscanthusstroh verwendet, welches mit zwei unterschiedlichen Aufbereitungsmethoden weiterverarbeitet wurde. Dazu zählt zum einen die Verarbeitung in einem sog. Doppelschneckenextruder, bei welchem das Material unter Zugabe von Wasser durch zwei gegenläufige Schnecken aufgefaserter wurde, und zum anderen die Aufbereitung im Refiner, bei welchem die Partikel trocken gegeneinander aufgerieben wurden. Die beiden Aufbereitungsvarianten wurden mit einem Torfsubstrat aus Schwarz- und Weißtorf (30/70) sowie verschiedenen Substratzusätzen gemischt. Dabei wurden 20 und 40 Vol.-% des Weißtorfanteils durch die aufbereiteten Miscanthusvarianten nach den in Anlehnung an DIN EN 12580 ermittelten Schüttdichten der Einzelkomponenten ersetzt. Der Wassergehalt der Mischungen wurde durch Trocknung im

Trockenschrank bei 105°C bestimmt. Für die Ermittlung der maximalen Wasserkapazität (WK_{max}) wurden die Substratmischungen in 1 l Töpfen für 30 min in einem Wasserbad gesättigt. Anschließend konnte die Mischung für 1 1/2 Stunden auf einem Gitter abtropfen.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die unterschiedlichen Beimischungen des Miscanthus beider Aufbereitungsformen ließ sich eine leichte Veränderung verschiedener physikalischer Substrateigenschaften im Vergleich zum reinen Torfsubstrat feststellen. Bei den in Abbildung 1 dargestellten Wasserkapazitäten bewirkte eine erhöhte Beimischung von extrudiertem Miscanthus eine leichte Steigerung der maximalen Wasserkapazität der Substratmischung, wohingegen die Beimischung des im Refiner aufbereiteten Miscanthus einen umgekehrten Effekt bewirkte. Ähnlich zeigte sich auch bei den ermittelten Schüttdichten der einzelnen Ausgangsstoffe, im Vergleich zum Weißtorf, beim extrudierten Miscanthus eine höhere und beim im Refiner aufbereiteten Miscanthus eine geringere Schüttdichte. Dies spiegelte sich anschließend auch in den Schüttdichten der Substratmischungen wieder. Neben einem erhöhten Wassergehalt im extrudierten Material schienen sich die Unterschiede u.a. auch auf die unterschiedliche Partikelstruktur und -größe zurückführen zu lassen. Nach Nkongolo & Caron (2006) ließen sich dadurch auch die abweichenden Wasserkapazitäten erklären, weil sich die Partikel anders aneinanderlagerten und somit den Porenraum im Substrat beeinflussten. Um dem näher auf den Grund zu gehen sollen nun im nächsten Schritt die physikalischen Eigenschaften der beiden Aufbereitungsformen nach DIN EN 13041 mit Hilfe eines Saugspannungstischs weiter untersucht werden. Dabei können die Wasserkapazitäten für unterschiedliche Saugspannungen sowie die dazugehörige Luftkapazität, das Gesamtporenvolumen u.v.m. nach einem vergleichbaren und standardisierten Verfahren bestimmt werden.

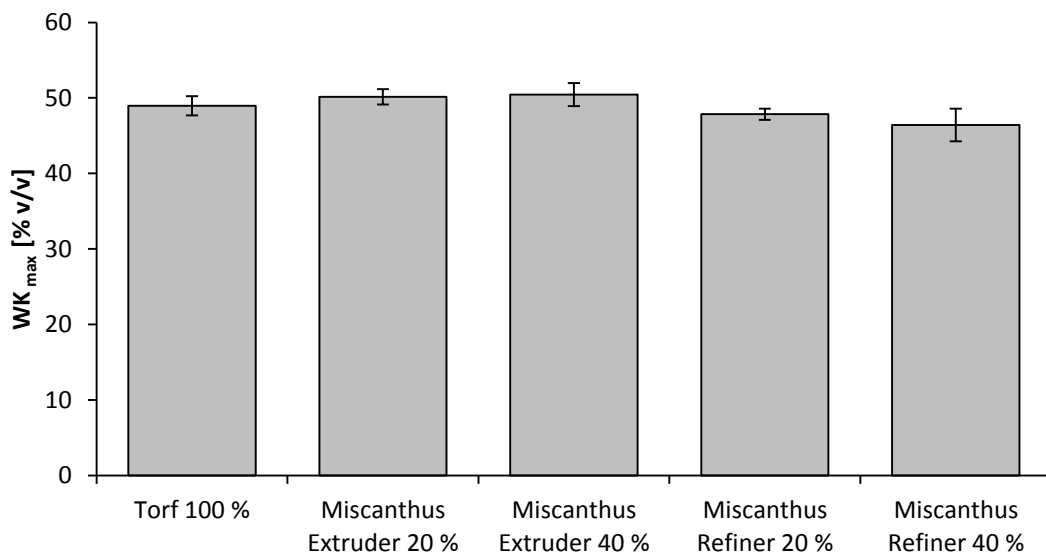


Abb. 1: Maximale Wasserkapazität der untersuchten Substratmischungen in Vol.-% (n=3).

Literatur

IVG (2016). Online im Internet: URL: <http://www.warum-torf.info/zahlen-daten-fakten/daten-deutschland/deutschland-einsatz-und-verfuegbarkeit> [Stand: 30.06.2016].

Nkongolo, N.V. & Caron, J. (2006). Pore space organization and plant response in peat substrates: I. *Prunus x cistena* and *Spiraea japonica*. Scientific Research and Essay 1(3): 77-89.

Entwicklung von Indikatoren für den Anbau von Biogaspflanzen

Katharina Hey¹, Rolf Rauber¹ und Wiebke Fahlbusch²

¹Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Göttingen; ²Geowissenschaftliches Zentrum, Abteilung Sedimentologie/Umweltgeologie, Göttingen. E-Mail: khey@uni-goettingen.de

Einleitung

In hauptsächlich mit Mais beschickten Biogasanlagen kommt es häufig zu einem Mangel an Spurenelementen, v.a. Cobalt und Nickel. Der Grund dafür ist, dass Mais nur ein geringes Aufnahmevermögen für diese prozessrelevanten Spurenelemente aufweist. Um diesem Mangel zu begegnen, werden in der Praxis künstlich hergestellte Spurenelementpräparate eingesetzt. Dieser Einsatz kann negative Auswirkungen sowohl auf den Anwender als auch die Umwelt haben. Alternative Energiepflanzen akkumulieren im Vergleich zu Mais erheblich mehr Spurenelemente. Die Hypothese ist, dass durch die Zumischung von Pflanzen, die Spurenelemente akkumulieren, eine ausreichende Versorgung für die Vergärung gewährleistet ist und auf die Zugabe von Spurenelementpräparaten verzichtet werden kann. Das Ziel dieser Untersuchung ist es, spurenelementakkumulierende Pflanzenarten für Biogasanlagen pflanzenbaulich zu charakterisieren und hinsichtlich ihrer Eignung für den Praxisbetrieb zu testen. Dazu werden Indikatoren entwickelt, mit deren Hilfe eine Feldfrucht als Energiepflanze bewertet werden kann.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2014/15 wurden am Standort Göttingen Winterungen (Wickroggen, Winterackerbohnen, Wintertriticale, ein Gemenge aus Winterackerbohnen und Wintertriticale), Sommerungen (Sommerackerbohnen, Einjährige Blütmischung, Amarant, Mais und ein Gemenge aus Amarant und Mais) sowie mehrjährigen Arten (Deutsches Weidelgras und Mehrjährige Blütmischung) angebaut. Aus Vorversuchen war bekannt, dass Winter- und Sommerackerbohnen, die im Wickroggen enthaltene Winterwicke, die Blütmischungen, der Amarant und das Deutsche Weidelgras besonders spurenelementreich sind. Neben dem Spurenelementgehalt der oberirdischen Aufwüchse wurden verschiedene acker- und pflanzenbaulich bedeutsame Kenngrößen untersucht: Unter anderem wurde die Nmin-Menge im Boden über Winter bei Winterungen bzw. nach der Ernte bei Sommerungen und mehrjährigen Arten erhoben. Der Trockenmasseertrag (TM-Ertrag) und der Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) der oberirdischen Aufwüchse wurden bestimmt und der Wassergehalt des Bodens nach der Ernte ermittelt. Aus den Daten der verschiedenen Kenngrößen wurden Teilindizes berechnet. Der Teilindex beschreibt den Wert einer Kenngröße der betrachteten Variante im Verhältnis zum mittleren Wert der Kenngröße aller geprüften Varianten (Menke 2011). Im vorliegenden Versuch wurden wegen der Vergleichbarkeit der Varianten Gruppen gebildet innerhalb derer die Teilindizes berechnet wurden. Zum einen sind es die Winterungen, zum anderen wurden die Sommerungen und mehrjährigen Arten zu einer Gruppe zusammengefasst. Das heißt, die Varianten der Winterungen wurden ins Verhältnis gesetzt mit dem Mittelwert aller Winterungen. Bei den Varianten der Sommerungen und mehrjährigen Arten fand die Berechnung

entsprechend innerhalb dieser Gruppe statt. Die verschiedenen Teilindizes wurden zu einem Gesamtindex IrA (Index der relativen Anbauwürdigkeit) aufsummiert.

Ergebnisse und Diskussion

Innerhalb der Winterungen zeigte der Wickroggen den höchsten IrA-Wert mit +0,13. Aufgrund der positiven Beträge der Teilindizes TS-Gehalt, TM-Ertrag und Nmin war diese Variante auch trotz des negativen Betrags beim Teilindex Spurenelemente nach diesem Bewertungsschema positiv zu beurteilen und innerhalb der Winterungen die anbauwürdigste Variante. Den geringsten IrA-Wert innerhalb der Winterungen zeigten mit -0,22 die Winterackerbohnen. Diese Variante konnte einen großen positiven Betrag beim Teilindex Spurenelemente erreichen, zeigte aber bei den pflanzenbaulich wichtigen Kriterien für Biogaspflanzen TS-Gehalt, TM-Ertrag und Nmin große Schwächen.

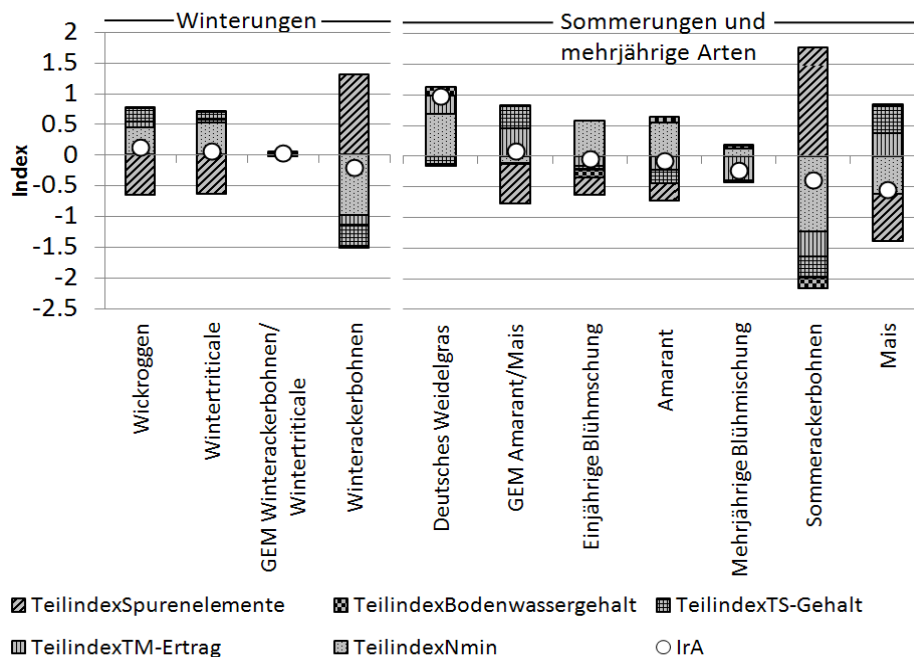


Abb. 1: Teilindizes (Spurenelementgehalt, Bodenwassergehalt, TS-Gehalt, TM-Ertrag und Nmin) und Gesamtindex IrA (○) bei Winterungen (Wickroggen, Wintertriticale, Gemenge Winterackerbohnen/Wintertriticale, Winterackerbohnen) und Sommerungen sowie mehrjährigen Arten (Deutsches Weidelgras, Gemenge Amaranth/Mais, Einjährige Blühmischung, Amaranth, Mehrjährige Blühmischung, Sommerackerbohnen, Mais) am Standort Reinshof in Göttingen.

In der Gruppe der Sommerungen und mehrjährigen Arten erzielte das Deutsche Weidelgras den höchsten IrA-Wert mit +0,99. Bis auf den Teilindex TS-Gehalt waren hier die Teilindizes im positiven Bereich. Schlecht schnitten in dieser Gruppe die Sommerackerbohnen (-0,38) und der Mais (-0,54) ab. Die Sommerackerbohnen hatten ähnlich wie die Winterackerbohnen einen großen positiven Betrag beim Teilindex Spurenelemente, jedoch große Schwächen bei den anderen Parametern. Beim Mais führten die im Vergleich mit den übrigen Sommerungen und mehrjährigen Arten sehr geringen Spurenelementgehalte und die vergleichsweise hohen Nmin-Mengen im Boden nach der Ernte zum schlechtesten IrA-Wert dieser Gruppe.

Literatur

Menke, C. 2011: Evaluierung von Winterzwischenfrüchten in einem Zweikulturnutzungssystem mit Mais für die Biogasproduktion. Diss. Universität Göttingen. Cuvillier Verlag, Göttingen.

Eignung unterschiedlicher *Silphium*-Herkünfte für die Produktion von Baustoffen

Martin Höller¹, Anne Lunze³, Nico Anders³, Antje C. Spieß³, Christian Wever⁴, Elena Pestsova⁴, Peter Westhoff⁴, Kristin Höller¹, Georg Völkerling² 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; ³ AVT – Enzymprozesstechnik, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen; ⁴ EMP - Plant Developmental and Molecular Biology, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.
E-Mail: martinhoeller@uni-bonn.de

Einleitung

Die Durchwachsene Silphie (*Silphium perfoliatum*) wird momentan als Alternative zu Mais für die Biogasproduktion angebaut. Ziel des BioSC¹-Projektes der Universitäten Düsseldorf, Aachen und Bonn ist es, weitere Nutzungsmöglichkeiten der mehrjährigen Low-input-Pflanze einzuschätzen und weiterzuentwickeln. Die Universität Düsseldorf legt mit der Genomanalyse fünf verschiedener Herkünfte von *Silphium perfoliatum* (S.p.) die Grundlage für eine züchterische Bearbeitung der Pflanze. Im Aufgabenbereich der RWTH Aachen liegt die Flavonoidextraktion und Nutzung der Pflanze im Bioraffinerieprozess. Die Universität Bonn untersucht die Grundlagen zur stofflichen Nutzung der Silphie. Der hohe Parenchymgehalt sowie die Festigkeitseigenschaften des Stängels sind Basis für die Entwicklung von Baustoffen. Hierfür werden unter anderem die morphologischen Eigenschaften der fünf Herkünfte hinsichtlich ihres Luftporenvolumens analysiert. Darüber hinaus soll die Aufbereitung des Rohstoffes mittels verschiedener Mahlmethode und die anschließende Einbringung in Leichtbeton- und Dämmstoffrezepturen geprüft werden.

Material und Methoden

Neben der Bonitur und Ertragsfassung von Silphiumbeständen unterschiedlichen Alters am Campus Klein-Altendorf, wurden aus dem Häckselgut unter Einsatz verschiedener Zerkleinerungsmethoden Mahllinien erstellt und mit Hilfe der dynamischen Bildanalyse [1,2] hinsichtlich der erzeugten Größenfraktionen analysiert. Die Versuche an der Hammermühle (HM) sowie der Schneidmühle (SM) fanden im Technikum des Campus Klein-Altendorf statt. In allen Versuchsreihen wurde Häckselgut eingesetzt, das im November 2015 geerntet wurde, um die Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten. Das eingesetzte Häckselgut hatte Kantenlängen von bis zu 10 cm und wurde den Mühlen von Hand zugeführt. Die Mahllinien zwischen 1-15 mm sind Ausgangspunkt für die Herstellung unterschiedlicher Baustoffrezepturen [3].

¹ Bioeconomy Science Center (www.biosc.de), Kompetenzzentrum aus: RWTH Aachen, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Forschungszentrums Jülich.

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche mit Silphie haben gezeigt, dass sich das Häckselgut mit einem TM-Gehalt von 75% problemlos zerkleinern lässt. In Abbildung 1 ist zu sehen, dass die Sieblinien der Schneid- und der Hammermühle unter Einsatz eines 1 mm (bzw. 1,1 mm) Siebeinsatzes annähernd deckungsgleich sind. Sowohl bei der Schneidmühle (60%) als auch bei der Hammermühle (54%) liegt ein erheblicher Teil der Fraktionen über 1 mm, was bedeutet, dass bei beiden Mühlen auch längere Partikel durch die Sieböffnungen gelangten. Die Sieblinien unter Einsatz des 10 mm Siebeinsatzes unterscheiden sich stark. 97% des Mahlgutes der HM liegen in den Fraktionen unter 10 mm, im Vergleich sind es bei der SM nur 77%. Vergleicht man die Ergebnisse beider Abbildungen zeigt sich, dass die Hammermühle bei gleichem Siebeinsatz eine stärkere Zerkleinerungswirkung im Vergleich zur Schneidmühle ausübt und gleichzeitig eine engere Verteilung der verschiedenen Größenfraktionen aufweist. Anschließende Versuche sollen zeigen, welche Größenfraktion die besten Dämm- und Festigkeits-eigenschaften für Baustoffe hat. Gleichzeitig wird die Porenraumstruktur des Parenchyms mittels Quecksilberporosimetrie und Rasterelektronenmikroskopie untersucht, um Rückschlüsse auf den Luftporenraum und damit die Dämmeigenschaften zu ermöglichen.

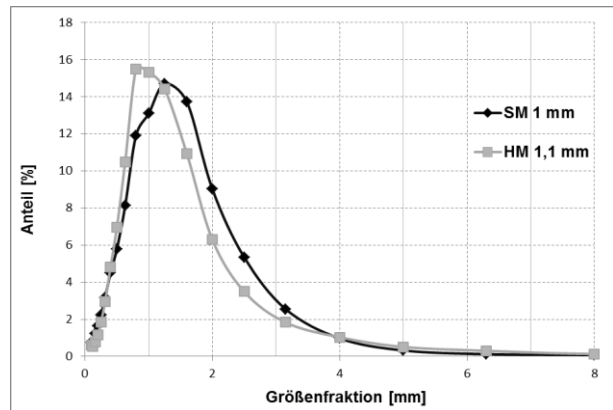


Abb. 1: Vergleich der Siebfraktionen zwischen der Schneidmühle sowie der Hammermühle bei gleicher Siebkonfiguration (1 mm)

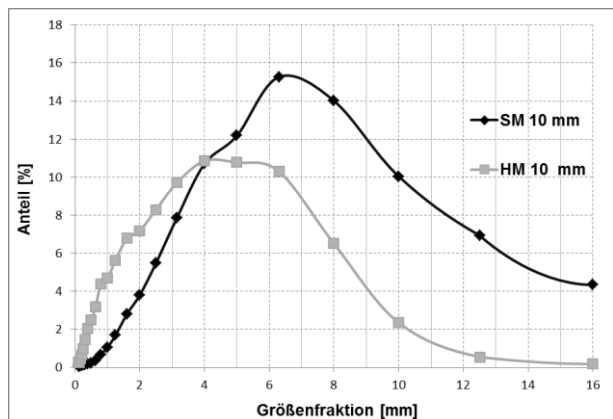


Abb. 2: Vergleich der Siebfraktionen zwischen der Schneidmühle sowie der Hammermühle bei gleicher Siebkonfiguration (10 mm)

Literatur

- [1] Retsch Technology GmbH. Whitepaper. Particle Characterization with Dynamic Image Analysis. Online verfügbar unter http://www.retsch-technology.com/dltmp/www/53e4b574-ca84-4aa7-b25d-636500000000-90cfeb99c7f2/tr_whitepaper_DIA_1311_en.pdf zuletzt geprüft am 28.06.2016.
- [2] ISO 13322-2:2006. Particle size analysis - Image analysis methods - Part 2: Dynamic image analysis methods.
- [3] Pude, R. 2005. Bedeutung morphologischer, chemischer und physikalischer Parameter sowie ihre Interaktionen zur Beurteilung der Baustoffeignung unterschiedlicher Miscanthus-Herkünfte", Habil., Verlag P. Wehle.

Einfluss von HTC-Kohle auf das Pflanzenwachstum in Topfversuchen

Arnd Jürgen Kuhn¹, Maren Stollberg¹, Mira Gossen¹, Sabrina Förster¹, Thorsten Kraska², Ralf Pude², Guido Dericks³, Alfons Kuhles³, Michelle Watt¹ und Ulrich Schurr¹

¹ Institute of Bio- and Geosciences, IBG-2: Plant Sciences, Forschungszentrum Jülich GmbH, Jülich, Germany; ² Institute of Crop Science and Resource Conservation (INRES), Faculty of Agriculture, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn, Bonn, Germany; ³ Grenol GmbH, Ratingen, Germany

Einleitung

Mittels hydrothormaler Karbonisierung (HTC) können landwirtschaftliche Reststoffe (z.B. Gärreste) in eine stabile Biokohle umgewandelt werden. Diese könnte als Bodenzuschlagstoff genutzt werden, um den Kohlenstoffgehalt und weitere Faktoren wie Ionenaustauschkapazität oder Wasserhaltevermögen von Böden oder Pflanzsubstraten zu verbessern. In Topfversuchen mit Mais sollte die generelle Nutzungsmöglichkeit dieser HTC-Kohle untersucht werden, insbesondere der Einfluss auf das Pflanzenwachstum. Die Versuche wurden in Töpfen mit einem Ackerboden oder mit einem Sand-Kompost-Gemisch durchgeführt, dem bis zu 5 % der HTC-Biokohle und/oder Pyrolyse-Biokohle zugemischt wurde. Unterschiedliche Nachbehandlungen der HTC-Biokohle sollten zeigen, ob dadurch die Biokohle verbessert werden kann. Neben verschiedenen Wachstumsparametern wurden auch Nährstoffe untersucht.

Material und Methoden

Der Vorteil bei der Nutzung von HTC-Biokohle besteht darin, dass jedes organische (nasse) Material genutzt werden kann. Für die hier vorgestellten Experimente wurde HTC-Biokohle aus Gärresten einer Biogasanlage (Maisvergärung), in einem Reaktor bei 180-200°C und 20 bar, innerhalb von 6 Stunden, hergestellt. Zum Vergleich und in Mischungen diente die als Bodenzuschlagstoff bekannte Pyrolyse-Biokohle (Ausgangsmaterial: trockenes Weizenstroh bzw. Buchenholz).

In verschiedenen Experimenten wurde (1) 5% HTC-Biokohle oder (2) 2,5% HTC- & 2,5% Pyrolyse-Biokohle (MIX-Variante) oder (3) 5% Pyrolyse-Biokohle mit einem schluffig-lehmigen Ackerboden (40 Bodenpunkte) oder mit Quarzsand (Korngröße: 0,71-1,4mm;+ 2,5% Kompost) gemischt und in Töpfen gefüllt (2200 g_{TM} pro Topf). Vorher wurden Boden und Biokohle auf 2mm gesiebt. Auf diesem Substraten wuchsen Maiskeimlinge (*Zea mays*) unter kontrollierten Gewächshausbedingungen (Bewässerung mit 5%-iger Hoagland-Lösung) und wurden in 3 bzw. 4 Terminen beprobt (letzte Ernte bei 40 Tage alten Pflanzen). Es wurden Wachstumsparameter wie Trockenmasse, Blattfläche, Wurzelverteilung und Nährelementgehalte sowie Bodenparameter (pH-Wert, Wassergehalt, Wasserhaltekapazität, Elementgehalte u.a.) ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Topfversuchen zeigte sich das HTC-Kohle als Bodenzuschlagsstoff geeignet ist, um die Pflanzensubstrateigenschaften in Hinsicht auf das Pflanzenwachstum zu verbessern. Es konnte damit je nach Versuchsbedingungen die Eigenschaften in Richtung „Terra Preta“ – Böden geschaffen werden.

Die Maiskeimlinge zeigten in allen Varianten eine normale Entwicklung, wobei deren Wachstum durch Kohlenstoff-Zugabe zum Pflanzsubstrat i.d.R. beschleunigt wurde. Die MIX-Variante, bei der die Kombination aus beiden Biokohlen verwendet wurde, konnte ebenfalls die Pflanzensubstrateigenschaften sowie das Pflanzenwachstum gegenüber den Kontrollen verbessern.

Die verschiedenen Biokohlezugaben förderten Spross- und Wurzelwachstum der Maiskeimlinge, je nach Behandlung z.B. in einem zwischen 20 und 50% höheren Sprosstrockengewicht. Auch der mittlere Wurzeldurchmesser wurde erhöht. Im Bodensubstrat war der stärkste Effekt bei der MIX-Variante, im Sand-Kompost-Substrat bei der reinen HTC-Biokohlevariante feststellbar.

Die Ergebnisse an Maiskeimlingen legen somit nahe, dass langlebige Biokohle aus organischen Abfallstoffen das Pflanzenwachstum und die Ressourcen-Effizienz steigern können.

Ausblick: Zukünftige Agrar- und Gartenbau-Produktionssysteme müssen den verstärkten Anforderungen nach höheren Erträgen, Nachhaltigkeit, Ressourceneffizienz und Reduktion der CO₂-Emission gerecht werden. Ein effizienter Einsatz von Kohlenstoff über langlebige Karbonisate, wie Biokohle aus organischen Abfällen, kann hier ein Schlüssel für eine nachhaltige Bioökonomie sein.

Literatur

- [1] M. Stollberg (2015): „Einfluss von HTC-Biokohle als Bodenzuschlagstoff auf Chinakohl, Eichblattsalat und Mais in Topfversuchen.“ Masterarbeit Universität Bonn
- [2] M. Gossen (2015): „Topfversuch zum Einfluss von HTC-, und Pyrolysekohle als Bodenzuschlagstoff auf die Entwicklung von Mais.“
Bachelorarbeit Fachhochschule Aachen (Abteilung Jülich)
- [3] S. Förster (2016): „Analyse des Einfluß von HTC und Pyrolyse-Biokohle in Kombination mit Kompost als Bodenzuschlagsstoff in Sand auf die Entwicklung von Maissetzlingen.“
Bachelorarbeit Fachhochschule Aachen (Abteilung Jülich)
- [4] D.H. Pieplow, D.R. Wagner (2012): „Terra Preta – Chance für eine nachhaltige Landwirtschaft“

Nutzungsmöglichkeiten von Nachwachsenden Rohstoffen in erdelosen Kultursystemen

Thorsten Kraska¹, David Hehmann², Barbara Kleinschmidt², Jan Weinand² und Ralf Pude^{1,2}

¹ Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;

² INRES – Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;

E-Mail: kraska@uni-bonn.de

Einleitung

In der gärtnerischen Produktion unter Glas – vor allem im Bereich Gemüse – werden erdelose Pflanzsubstrate eingesetzt, weil diese für die Kulturführung (Bewässerung, Düngung) vorteilhaft sind. So ist Steinwolle ein inertes Material, welches in Growbags eine gleichmäßige Versorgung der Wurzeln mit Wasser, Nährstoffen ermöglicht und eine gute Sauerstoffversorgung gewährleistet. Im Rahmen einer nachhaltigen Pflanzenproduktion wird nach alternativen Kultursubstraten im geschützten Anbau gesucht, welche die qualitativen und quantitativen Anforderungen der Produktion an Ertragsleistung, wertgebende Inhaltsstoffe und Kulturführung erfüllen und gleichzeitig die Umwelt entlasten können. Biologisch abbaubare Materialien wie Cocopeat oder Komposte werden bereits seit einiger Zeit als Alternative wegen ihrer ökologischen Vorteile verwendet [1]. Nachwachsende Rohstoffe wie Miscanthus sowie schnellwachsende Bäume wie Pappel, Weide und Paulownia werden immer noch vorwiegend energetisch genutzt. Sie könnten eine weitere Alternative zu herkömmlichen Kultursubstraten sein. Ziel der Versuche war es, diese Biomassepflanzen stofflich in erdelose Kultursystemen zur Produktion von Gemüse (Tomaten, Gurken) einzusetzen und zu prüfen, ob eine anschließende energetische Verwertung möglich ist. Dazu wurden Tomaten und Gurken unter Praxisbedingungen im Gewächshaus kultiviert und Nachwachsende Rohstoffe als Pflanzsubstrat mit einem Standardsubstrat (Steinwolle) verglichen. Es wurden der Einfluß auf Ernteparameter bestimmt und auch mögliche Wechselwirkungen im Wurzelraum. Nach der primären Nutzung in der Gemüseproduktion als erdeloses Kultursubstrat wurde die Brennwertqualität (Brennwerte, Aschegehalte) untersucht, um zu klären, ob eine anschließend energetische Verwendung möglich ist.

Material und Methoden

Mini-Gurken und Tomaten wurden unter Praxisbedingungen im Gewächshaus kultiviert. Vorgezogene Pflanzen wurden auf die entsprechenden Substrate (je 2 Pflanzen pro Growbag) gesetzt. Als Substrate wurden untersucht: Steinwolle (Grodan), Topora-Perlite (Kleeschulte) sowie Miscanthus-Häcksel (in Grodan-Growbags gefüllt). Nach der Nutzung als Kultursubstrat für Gurken und Tomaten wurde die Brennwertqualität von Miscanthus untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Über einen Zeitraum von neun Wochen wurde die Anzahl der Gurken (Abb. 1), Erntegewichte und Gurkengröße bestimmt. In allen Ertragsparametern gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen Miscanthus-Häcksel als Substrat und den verwendeten Standardsubstraten. Nach Abschluss der Ernte wurde die Brennwertqualität untersucht (Tab. 1). Sowohl die Brennwerte als auch die Aschegehalte von Miscanthus nach der Nutzung als Substrat unterschieden sich nicht von dem eingesetzten Ausgangsmaterial. Bei Versuchen mit Tomaten konnte gezeigt werden, dass Erträge auf Miscanthus gleich hoch wie auf den Standardsubstraten sind. Miscanthus ist ein geeignetes Kultursubstrat für Tomaten und Gurken. Zudem ist eine anschließende energetische Nutzung möglich. In weiteren Versuchen soll untersucht werden, ob sich eine auf die Nachwachsenden Rohstoffe angepasste Kulturführung (z.B. Düngung) auf quantitative und qualitative Ertragsparameter auswirkt. Zudem sollen weitere Nachwachsende Rohstoffe untersucht werden.

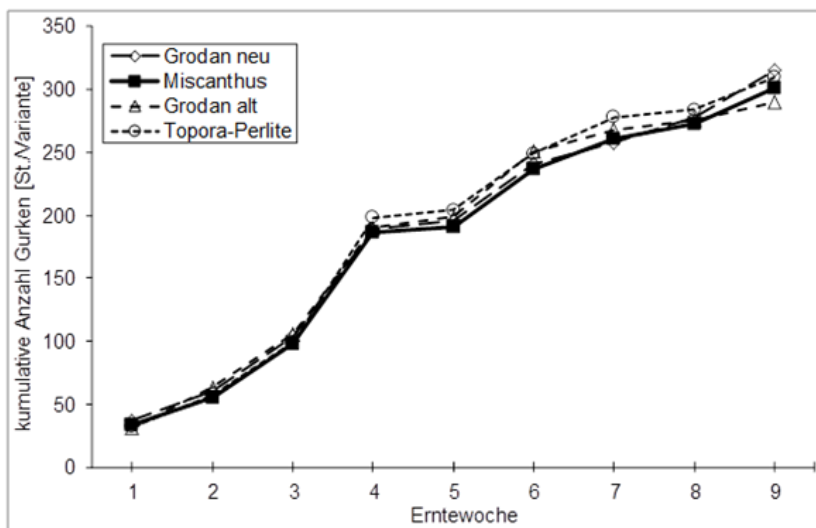


Abb. 1:

Vergleich der kumulativen Gesamtanzahl von Minigurken in Abhängigkeit vom Substrat; n=8, p≤0,05, ANOVA, Tukey-Test, nicht signifikant.

Tab. 1: Brennwertqualität von Miscanthus vor und nach der Nutzung als Kultursubstrat

	Brennwert [MJ * kg ⁻¹]	Aschegehalt [%]
vor der Nutzung	17,7	3,7
Nach der Nutzung	18,4	4,3

Literatur

[1] Koller, M., Fuchs, J., Bruns, C.(2005): Ökologische Jung- und Zierpflanzenproduktion: Herstellung und Einsatz komposthaltiger Pflanzsubstrate. Forschungsinstitut für biologischen Landbau (Hrsg.). Universität Kassel.

Eignung ausgewählter mehrjähriger Biomassepflanzen für die Produktion von Hochleistungsdämmputz

Alica Nichtitz¹, Frederik Thiemann¹, Georg Völkerling², Michael Petry³
und Ralf Pude^{1,2}

¹ INRES –Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ² Außenlabore Campus Klein-Altendorf, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, ³ Petry-Oberflächentechnik
E-Mail: alica.nichtitz@uni-bonn.de

Einleitung

Deutschland richtet seine Energieversorgung im Rahmen der viel diskutierten Energiewende neu aus. Die Ziele bis 2050 sind den Primärenergieverbrauch, durch eine verbesserte Energieeffizienz zu halbieren, sowie den Anteil an erneuerbaren Energien am Bruttoenergieverbrauch auf 60% zu steigern. Bereits im Oktober 2013 hat die Bundesregierung die Energie-Einsparverordnung für Gebäude nochmals deutlich verschärft. So müssen Gebäude zukünftig mit weniger Energie auskommen als bisher. Eine wohldurchdachte Dämmung ist somit unerlässlich. In der Regel werden Dämmstoffe auf Basis von petrochemischen Kunststoffen hergestellt. Sie sind jedoch nicht umweltfreundlich, in Kombination mit Flammschutzmitteln schwer entflammbar und müssen aufwendig verarbeitet werden, bzw. sind nicht nachhaltig (BMW, 2015). Deshalb besteht das Ziel des Vorhabens, welches vom BMW im Rahmen der Forschungsinitiative EnOB, gefördert wird, in der Erarbeitung von angewandten wissenschaftlichen Erkenntnissen zur Nutzung des Luftporenstrukturraumes in nachhaltig angebauten nachwachsenden Rohstoffen für die Herstellung von ein- oder zweilagigen dünnschichtigen Hochleistungs-Dämmputzen. Als sehr aussichtsreiche Gruppe von mehrjährigen nachwachsenden Rohstoffen mit sehr guten Wärmedämmeigenschaften sollen schnellwachsende Großgräser und insbesondere *Miscanthus*, eine Pflanze mit sehr großem Porenvolumen, eingesetzt werden (Pude, 2005). Neben *Miscanthus* zeigen auch andere mehrjährige Kulturen ähnliche Eigenschaften. Dies führt zur Auswahl von parenchymreichen sowie ligninhaltigen Kulturen wie *Miscanthus x giganteus*, *Silphium perfoliatum* und *Helianthus tuberosus*. Die morphologischen Unterschiede der hier ausgewählten mehrjährigen nachwachsenden Rohstoffe bedürfen ausführlicher Untersuchungen zur Eignung als Füllfaserporenrohstoff (Görtz et al., 2004).

Material und Methoden

Mit dem Rasterelektronenmikroskop (Phenom pro X, LOT) wurden die bisher wenig erforschten molekularen Zellstrukturen von nachwachsenden Rohstoffen betrachtet. Dazu wurden Aufnahmen des Stängelquerschnittes von *Miscanthus x giganteus* gemacht. Es wurden ca. 0,5 cm lange Stängelstücke aus 20 cm Stängelhöhe entnommen und mit einem Skalpell ca. 1 mm dicke Proben hergestellt. Anschließend wurde eine 10 nm dicke Goldschicht aufgetragen, um die Bildung von Wasserdampf im Vakuum zu verhindern. Zum Vergleich wurden aus einer handelsüblichen Styropor-Platte ein 1 cm³ großer Würfel geschnitten und ein Querschnitt erstellt. Die Porenstruktur von Styropor und *Miscanthus* konnte so verglichen werden. Außerdem erlaubt dies ein Monitoring der unterschiedlichen nachwachsenden Rohstoffe und deren Genotypen.

Ergebnisse

Erste Aufnahmen am REM zeigen, dass die Porenstruktur von *Miscanthus x giganteus* ähnlich der des Styropors ist. Dies lässt auf das vorhandene Potential von *Miscanthus x giganteus*, als Füllfaserporenrohstoff, zur Herstellung von Dämmputz schließen.

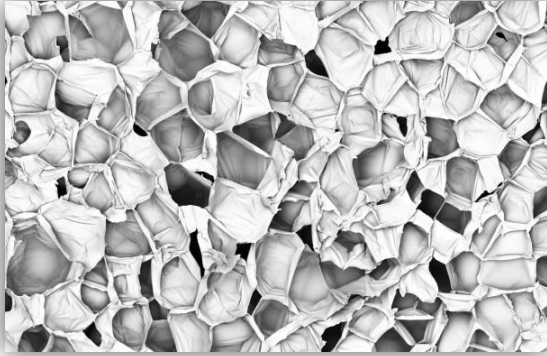


Abb.1: Expandiertes Polystyrol (Thiemann, Nichtitz, 2016) Abmessung im Bildausschnitt: 660 μm x 1000 μm

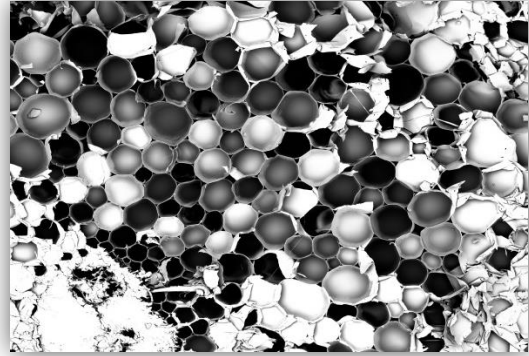


Abb.2: *Miscanthus x giganteus* (Thiemann, Nichtitz, 2016) Abmessung im Bildausschnitt: 660 μm x 1000 μm

Weitere Untersuchungen mittels der Quecksilberporosimetrie sollen die Untersuchungen zum Porenstrukturraum der verschiedenen nachwachsenden Rohstoffe ergänzen. Aus diesen Werten soll sich dann die Vorbehandlung der Pflanzenpartikel zu einem optimal geschützten Porenraum ergeben. Durch diese genaue Charakterisierung wird es möglich, die Eigenschaften der Partikel zu erfassen und hinsichtlich ihrer Nutzung in Dämmstoffen vorherzusagen. Daraus ergibt sich die weitere notwendige Behandlung der Partikel (z.B. Coating) für einen effizienten Dämmputz.

Literatur

- Pude, R., 2005: Bedeutung morphologischer, chemischer und physikalischer Parameter sowie ihrer Interaktionen zur Beurteilung der Baustoffeignung unterschiedlicher Miscanthus-Herkünfte. ISBN 3-935307-30-6. Verl. Wehle
- Görtz, B., Trettin, R., Kowald, T. und Pude, R., 2004: Nutzung nachwachsender Rohstoffe in Bindebaustoffen – Hydratationsverlauf, Mikrogefüge und Eigenschaften. Proc. GDCh-Tagung Bauchemie, Erlangen.
- BMWi, 2015: Die Energiewende 2015, Vierter Monitoring-Bericht zur Energiewende

Andenlupinen als Energiepflanzen

Steffen R. Roux¹, Frank Höppner², Denny Wiedow³, Norbert Kanswohl³,
Margitta Beck³ und Manuel Deyerler⁴

¹ Julius Kühn-Institut, Groß Lüsewitz; ² Julius Kühn-Institut, Braunschweig; ³ Universität Rostock;

⁴ Bildungszentrum Triesdorf. E-Mail: steffen.roux@julius-kuehn.de

Einleitung

Aufgrund der steigenden Bedeutung von pflanzlicher Biomasse für die bioenergetische Verwertung und der Fokussierung auf wenige Kulturarten wurde in den vergangenen Jahren die Suche nach alternativen Energiepflanzen zur Erhaltung bzw. Erhöhung der Kulturpflanzendiversität in der Landwirtschaft intensiviert. In einem durch die FNR geförderten Projekt werden vor diesem Hintergrund Herkünfte der Andenlupine (*Lupinus mutabilis*) mit Weißer (*L. albus*) und Blauer Lupine (*L. angustifolius*) in ihrer Leistungsfähigkeit als erneuerbare Energieträger untersucht.

Material und Methoden

An den 3 agrarökologisch divergenten Orten Groß Lüsewitz (MV), Braunschweig (NI) und Triesdorf (BY) wurden in den Jahren 2014/15 Leistungsprüfungen (LP) mit 3 Andenlupinen, 13 Weißen Lupinen und 2 Blaue Lupinen zur Erfassung des Gesamttrockenmasseertrags (GTM) durchgeführt. Die Aussaat der LPs zu 2 Terminen ermöglichte die Beurteilung der Hauptfrucht- bzw. Zweitfruchteignung des Materials. Zur exakten Erfassung des Biomassepotenzials wurden die Prüfglieder jeweils individuell bei Erreichen eines definierten BBCH-Stadiums gehäckselt. Neben der Erhebung von Ertragsdaten erfolgte die Beurteilung wichtiger agronomischer Merkmale.

Zur Bestimmung der Biogasausbeute wurden an allen Standorten von der früheren Aussaatvariante jeweils Biomasseproben entnommen. Hiermit wurden Batch-Versuche unter Zusatz eines Überschusses von Impfschlamm in 1-Liter Flaschen mit einer Versuchsdauer von ca. 35 Tagen durchgeführt. Das in dieser Zeit gebildete Biogas wurde quantitativ erfasst und qualitativ bzgl. seines Methangehaltes bewertet.

Alle Prüfglieder wurden zusätzlich in Groß Lüsewitz in einem Infektionsversuch auf ihre Anfälligkeit gegenüber Anthraknose im Feld geprüft. Eine Feldprüfung von pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) in Groß Lüsewitz diente zudem der Selektion massewüchsiger Formen der Andenlupine für weitere Untersuchungen.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittleren Gesamttrockenmasseerträge fielen an allen 3 Standorten in den Versuchen mit einer ortsüblich frühen Aussaat höher aus als in den Versuchen mit einem späten Aussaattermin (Zieltermin 15.05.2014). Sowohl die höchsten mittleren Erträge der Gesamtversuche als auch die höchsten Maximalerträge wurden am Standort Groß Lüsewitz erreicht. In der Serienverrechnung der Leistungsprüfungen über die beiden Projektjahre 2014 und 2015 wurden mit einem Prüfglied von *L. mutabilis* im Mittel mit 160,0 dt/ha und 162,1 dt/ha in Aussaatvariante 1 bzw. 2 die höchsten GTM-Erträge erreicht (Abb. 1). Weitere Prüfglieder von *L. albus* erzielten in Aussaatvariante 1 und 2 mittlere GTM-Erträge von > 90 bzw. > 100 dt/ha. Der ermittelte Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt) zum Schnitzeitpunkt lag bei Aussaatvariante 1 zwischen 19,8 % und 35,6 %.

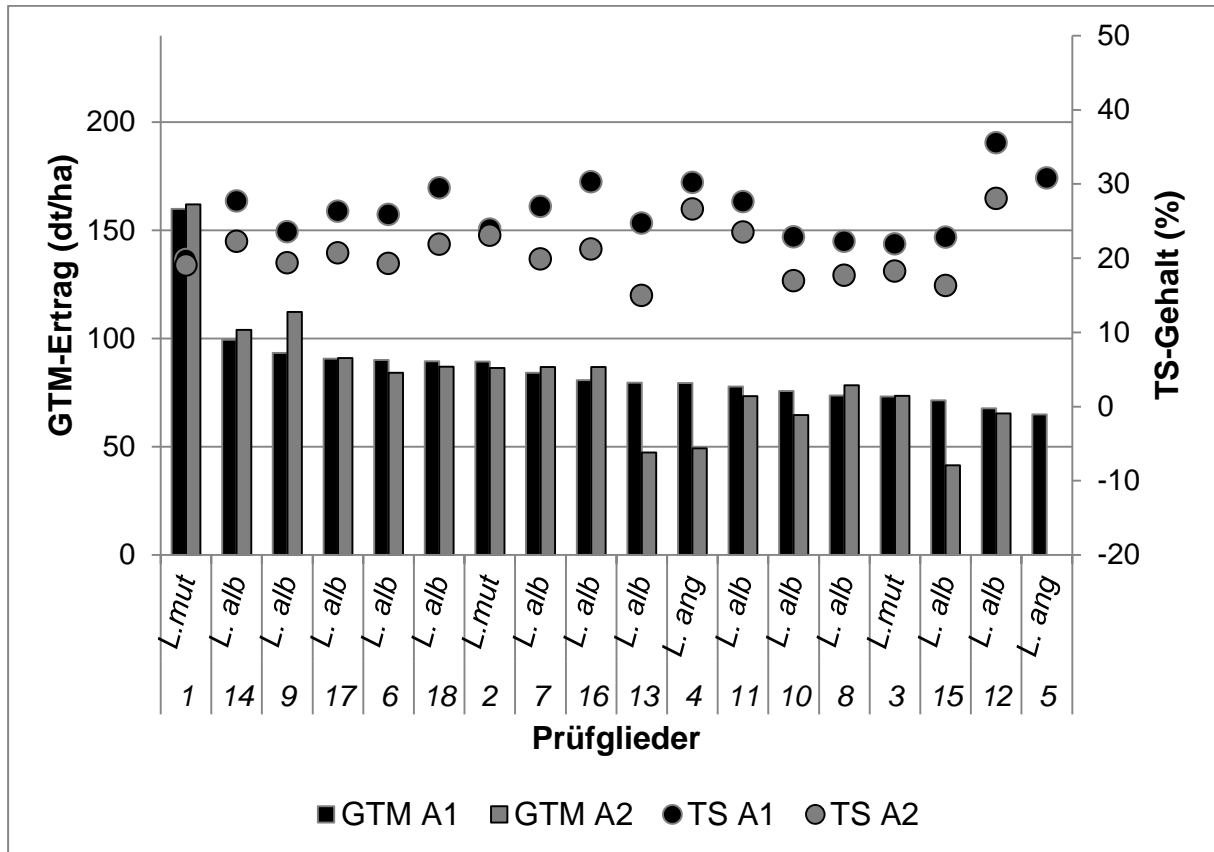


Abb. 1: Mittlere GTM-Erträge und TS-Gehalte von 3 Andenlupinen (*L. mut.*), 13 Weißen Lupinen (*L. alb.*) und 2 Blauen Lupinen (*L. ang.*) in den Aussaatvarianten 1 (A1) und 2 (A2) über 6 (A1) bzw. 5 (A2) Umwelten

Die Batchversuche mit Biomasse des Anbaus 2014 ergaben für die leistungsstärkste Anden- und Weiße Lupine Methanerträge von 3804 bzw. 3038 Nm³/ha. Die Methangehalte schwankten zwischen 52,8 und 54,8 %.

Jeweils hochsignifikante genotypische Effekte (G) und Ortseffekte (O) sowie GxO-Interaktionen zeigen die hohe, züchterisch nutzbare, Variabilität des Materials in den untersuchten Ertragsmerkmalen - GTM bzw. Biogas- und Methanertrag in Nm³/ha - und in den agronomischen Merkmalen sowie die jeweiligen Umwelteffekte. Fehlende signifikante Effekte unterstreichen, dass bei Lupinen, wie bei anderen Energiepflanzen, für den Methangehalt keine züchterisch nutzbare Variabilität besteht.

Die Wuchshöhe zum Schnittzeitpunkt war eng positiv korreliert mit dem GTM-Ertrag und durch eine mittlere Korrelation mit den Methanerträgen verbunden. Aus züchterischer Sicht bietet sich daher das Merkmal Wuchshöhe zum Schnittzeitpunkt als Selektionskriterium für massewüchsige Genotypen mit hohem Gasertrag an.

Die Auswertung der quantitativ über 2 Jahre erhobenen Bonituren des Anthraknosebefalls ergab für 10 von 18 Prüfgliedern einen signifikant geringeren Befall als für die anfällige Standardsorte. Sechs dieser schwach befallenen Prüfglieder erbrachten hohe GTM- bzw. Methan-Erträge und stellen potenzielle Energielupinen mit einer tolerablen Anthraknoseanfälligkeit dar.

Der Nachweis von Genotypen mit hohen GTM- bzw. Methanflächenerträgen kann die Nutzung ökosystemarer Leistungen im Energiepflanzenanbau durch die Andenlupine und die Weiße Lupine eröffnen und zur Fruchtfolge-Diversifizierung beitragen.

Wachstumsanalyse von Blumenkohl (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.) auf Einzelpflanzenebene

Carolin Kirschner, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Leibniz Universität Hannover.

E-Mail: kirschner@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Der Erntezeitpunkt einzelner Blumenkohlpflanzen eines Bestandes variiert aufgrund heterogener Pflanzenentwicklung stark. Diese wird vermutlich durch ein unterschiedliches Vernalisationsbedürfnis einzelner Pflanzen verursacht, wodurch die Kopfbildung zu verschiedenen Zeitpunkten beginnt. Als Folge entsteht ein inhomogener Pflanzenbestand, der drei bis fünf Mal selektiv von Hand geerntet werden muss. Dies ist sehr arbeits- und kostenintensiv. Aufgrund dessen soll ein selektiv erntender Roboter entwickelt werden. Eine optische Erkennung der Erntereife durch den Roboter ist nicht möglich, da einzelne Blätter der Pflanze nach dem ersten Sichtbarwerden der Blüte über diese geknickt werden, um sie vor Verfärbungen durch UV-Strahlung zu schützen. Für diese Maschine soll ein mathematisches Wachstumsmodell erstellt werden, anhand dessen der voraussichtliche Erntezeitpunkt jeder einzelnen Pflanze berechnet werden kann, sodass die Maschine diese ansteuern und ernten kann. Das Modell ist notwendig, da die Erntereife von einem Entwicklungsstadium der Pflanzen aus prognostiziert werden soll, das bei jeder einzelnen Pflanze gut erkennbar ist. Damit der Roboter zur Ernte jede Pflanze gezielt ansteuern kann, soll die Pflanzung im Feld GPS-gesteuert erfolgen. Für die Erstellung des Modells sind zerstörungsfreie Messungen des Kopfdurchmessers zu mehreren Zeitpunkten während der Entwicklung nötig, sowie die Temperatursumme bis zur jeweiligen Messung, und evtl. die Strahlungssumme. Die Messung des Kopfdurchmessers ist bei Blumenkohlpflanzen zu sehr unterschiedlichen Zeitpunkten erstmals möglich (ab einem Durchmesser von 5 bis 13 cm). Daher liegen die bisherigen Schwierigkeiten in der nicht destruktiven Größenerkennung bis zu diesem stark variierenden Zeitpunkt, sowie vor allem in der Erkennung des Kopfwachstumsbeginns, von dem aus bis zur Erntegröße hochgerechnet werden soll. Hierfür wird noch nach nicht destruktiven Bestimmungsmethoden gesucht.

Material und Methoden

Von der erstmöglichen Messung des Kopfdurchmessers bis zur Erntegröße von 16 bis 18 cm wurde dieser im vergangenen Jahr bereits zu mehreren Zeitpunkten in einem Freilandversuch in einer 2-faktoriellen Spaltanlage mit vier verschiedenen Sätzen, bestehend aus jeweils drei Blumenkohlsorten (‘Freedom’, ‘Korlanu’ und ‘Lecanu’), dokumentiert. Weitere Versuche finden in den Jahren 2016 und 2017 statt. 2016 wird der Versuch wiederholt und um einen früheren Satz erweitert, um noch stärker Saisonunterschiede untersuchen zu können.

Zusätzlich zum Kopfdurchmesser wird fotografisch der Bodenbedeckungsgrad mehrfach während der vegetativen Phase festgehalten, um ihn auf eine Korrelation mit dem späteren Kopfwachstum zu untersuchen. Optische Veränderungen zu Beginn des Kopfwachstums werden durch eine Bonitur dokumentiert, diese Daten werden durch anschließende Zerstörung der Pflanze und Messung des eventuell

vorhandenen Kopfes ergänzt. Zudem werden weitere Ideen zur nicht destruktiven Größenerkennung getestet.

Ergebnisse

Die Versuche befinden sich zurzeit noch in der Durchführung. Aus den Ergebnissen sollen Wachstumskurven für einzelne Blumenkohlköpfe dargestellt werden, aus denen jeweils ein mittleres Wachstum zu einer bestimmten Temperatursumme für eine Sorte in einem Satz erkennbar ist. Zudem werden Abweichungen der einzelnen Wachstumskurven von der mittleren Steigung berechnet. Ein weiteres Ziel der Darstellung ist es, die heterogene Entwicklung eines Bestandes anhand der verschiedenen Kopfdurchmesser zu einer bestimmten Temperatursumme zu zeigen. Ebenso wird die Spanne der Temperatursumme zu erkennen sein, in der der gesamte Bestand erntereif wird.

Weiterhin soll dargestellt werden, ob von dem Zeitpunkt des Umschwenkens vom vegetativen zum generativen Wachstum eine bestimmte Temperatursumme für einen Großteil der Pflanzen sorten- und saisonabhängig zur Erntereife führt.

Vergleich des Wurzelsystems verschiedener Winterweizen-Genotypen unter Trockenstress

Lorenz Kottmann¹, Siegfried Schittenhelm¹, Susanne Schroetter¹, Tina Langkamp²,
Martin Kraft² und Katja Matschiner³

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

Einhergehend mit dem Klimawandel werden die Niederschlagsmengen in den Frühjahrs- und Sommermonaten in Mitteleuropa zurückgehen. Infolgedessen werden angepasste Weizensorten benötigt, welche auch bei geringeren Niederschlägen hohe Erträge erreichen können. Der Wurzel als Organ der Wasseraufnahme kommt dabei eine besondere Bedeutung zu. Im Rahmen des Projektes „Phaenokopter“² wird deshalb untersucht, welche Wurzelparameter für die Trockentoleranz von Bedeutung sind und wie diese Parameter während der züchterischen Selektion berücksichtigt werden können.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurde das Wurzelsystem von 12 Winterweizen-Genotypen auf einem zu Trockenheit neigenden Standort in Niedersachsen (lehmiger Sand, 30 Bodenpunkte) untersucht. Hierfür wurden mit einer Rammkernsonde Bohrkerne (Ø 6 cm) zum Zeitpunkt Blüte und Vollreife entnommen. Wurzelanzahl und Wurzeltiefgang wurden mit der Bruchkernmethode (Smit et al. 2000) ermittelt. An einem Teil der Proben wurde im Labor nach Separierung der Wurzeln die Wurzellängendichte durch Computerbildanalyse mit WinRHIZO (Regent Instruments Inc., Kanada) bestimmt. Zur Vollreife wurden zusätzlich Kornertrag, Strohertrag, Gesamtbiomasse sowie Ertragskomponenten erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den Ergebnissen der relativ einfach und schnell durchführbaren Bruchkernmethode und der sehr arbeitsintensiven Analyse der Wurzellängendichte im Labor bestand ein signifikanter und enger Zusammenhang ($r = 0,87^{**}$). Demnach ist mithilfe der Bruchkernmethode eine schnelle und recht genaue Beurteilung des Wurzelsystems von Weizen ohne aufwändige Probenaufbereitung möglich.

Die Genotypen zeigten signifikante Unterschiede hinsichtlich Durchwurzelungsintensität und Wurzeltiefgang. Nach der Blüte nahm die Durchwurzelungsintensität in den oberen 60 cm bei allen Genotypen deutlich ab. Einige Genotypen zeigten jedoch zum Zeitpunkt der Vollreife in tieferen Bodenschichten eine intensivere Durchwurzelung als zur Blüte (Daten nicht dargestellt).

Um Aussagen über die Beziehung zwischen Wurzelmerkmalen und agronomischen Merkmalen treffen zu können, wurden lineare Regressionen zwischen der Anzahl Wurzeln cm^{-2} und dem Kornertrag gerechnet. Hierbei zeigte sich, dass ein relativ

²Fernerkundliche Beurteilung der Trocken- und Hitzetoleranz von Weizengenotypen auf Selektionsstandorten mit begleitenden Untersuchungen zu Durchwurzelungstiefe, Wurzelmorphologie und Wasserhaushalt.

dichtes Wurzelsystem in tieferen Bodenschichten mit einem hohen Kornertrag einhergeht (Abb. 1b), wohingegen die Wurzel­dichte im Oberboden (Abb. 1a) bzw. die Gesamtwurzel­dichte (nicht dargestellt) offenkundig keinen Einfluss auf den Kornertrag hat.

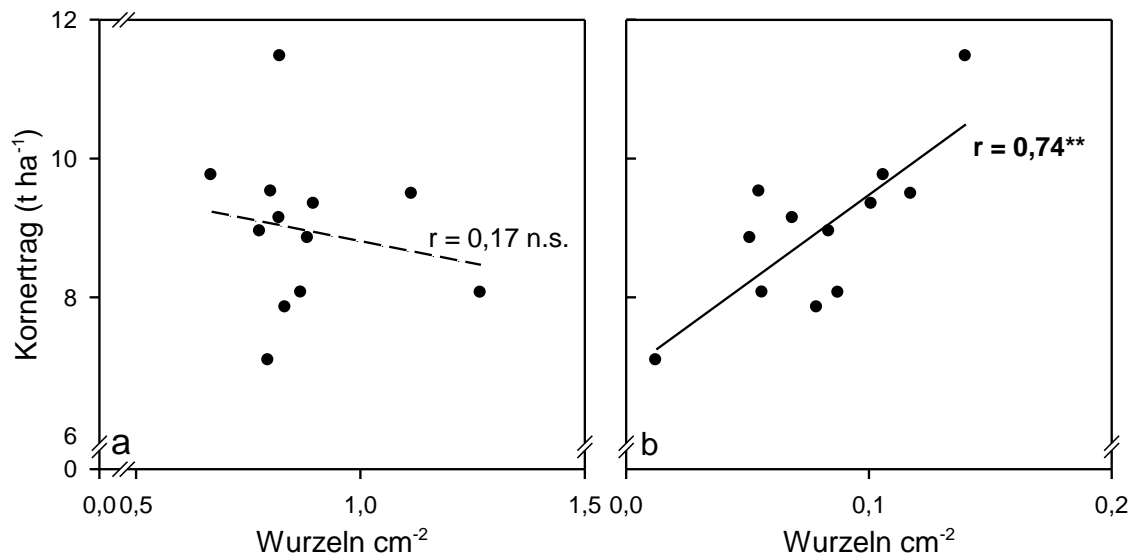


Abb. 1: Korrelation zwischen Wurzeln cm⁻² bei der Blüte und Kornertrag für die Bodentiefen 0-60 cm (a) und 60-150 cm (b). **: Signifikante Unterschiede für $p < 0,01$.

In den kommenden zwei Versuchsjahren werden die Wurzelanalysen auf dem leichten Sandstandort wiederholt. Zusätzlich werden die Untersuchungen auf einen tiefgründigen und nicht zu Trockenheit neigenden Standort ausgedehnt, um u.a. die maximale Durchwurzelungstiefe der verschiedenen Genotypen zu ermitteln.

Literatur

Smit et al. 2000: Root Methods: A Handbook. Springer, New York, NY

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.

UAV-gestützte Bestandestemperaturmessungen von Winterweizengenotypen für die Selektion auf Trockenstresstoleranz

Lorenz Kottmann¹, Tina Langkamp², Siegfried Schittenhelm¹, Martin Kraft²,
Heiko Neeland² und Katja Matschiner³

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

Für die Züchtung von trockenstresstoleranten Weizensorten sind innovative Messmethoden gefragt, um den Selektionsprozess zu beschleunigen und den Weizen an veränderte Klimabedingungen anzupassen. Fernerkundliche Messungen mit unbemannten Luftfahrzeugen (UAV) bieten hierfür ein großes Potential, um im Hochdurchsatzscreening eine Vielzahl von Versuchspartikeln gleichzeitig zu erfassen.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes „Phaenokopter“³ werden auf drei Selektionsstandorten mit unterschiedlicher Neigung zu Trockenheit in Niedersachsen und Sachsen-Anhalt 120 Winterweizensorten internationaler Herkunft sowie 150 Zuchtstämme geprüft. Die Versuchsstandorte werden während der Vegetationsperiode regelmäßig mit dem *ThünoCopter* befliegen, welcher mit Thermal-, Farb-, Spektral- und Nahinfrarotkameras ausgestattet ist. Der *ThünoCopter* fliegt definierte Wegpunkte autonom ab, von denen aus die Pflanzenbestände in einer Flughöhe von 50 m aufgenommen werden. Aus den gewonnenen Daten können verschiedene Vegetationsindizes wie der „Crop Water Stress Index“ (CWSI, Jackson et al. 1981) berechnet und mit Ertragsdaten und physiologischen Pflanzenparametern in Beziehung gesetzt werden. An zwei Selektionsstandorten werden zudem an ausgewählten Genotypen Wurzeluntersuchungen durchgeführt, um mögliche Zusammenhänge zwischen Wurzelparametern und fernerkundlich erfassten Daten zu prüfen.

Darüber hinaus werden in einem Rain-out Shelter mit kontrollierten Trockenstressbedingungen und einer optimal bewässerten Kontrolle 16 Genotypen hinsichtlich phänologischer, physiologischer und agronomischer Merkmale charakterisiert und ebenfalls mit dem *ThünoCopter* befliegen.

Ergebnisse und Diskussion

Mithilfe des *ThünoCopters* kann ein gesamter Messdurchgang mit allen oben genannten Kameras an einem Standort mit 850 Partikeln in weniger als 30 Minuten durchgeführt werden. Somit können störende Einflüsse durch wechselnde Wetterbedingungen während der Messungen deutlich minimiert werden.

Im Versuchsjahr 2015 war der CWSI an allen Selektionsstandorten signifikant mit dem Kornertrag korreliert (Abbildung 1a). Mit dem CWSI als Indikator für den Pflanzenwasserstatus lassen sich somit jene Genotypen selektieren, welche auch

³Fernerkundliche Beurteilung der Trocken- und Hitzetoleranz von Weizengenotypen auf Selektionsstandorten mit begleitender Untersuchung zu Durchwurzelungstiefe, Wurzelmorphologie und Wasserhaushalt.

unter Trockenheit einen guten Wasserstatus aufrechterhalten können. Es war dadurch möglich, mithilfe des CWSI bereits während der Vegetationsperiode Aussagen über den zu erwartenden Kornenertrag zu treffen. In der Rain-out Shelter Anlage konnten mittels CWSI neben dem Kornenertrag auch der Stroh- und Biomasseertrag sowie der Blattflächenindex recht gut vorhergesagt werden ($r_{\max} = 0,77^{**}$; nicht dargestellt).

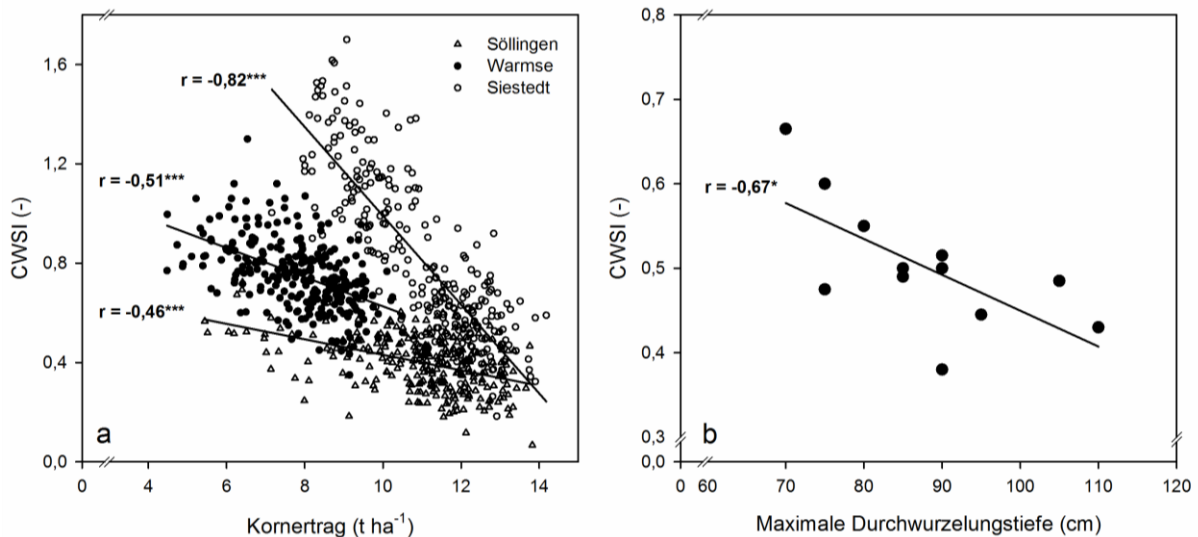


Abb. 1: (a) Beziehung zwischen Crop Water Stress Index (CWSI) und Kornenertrag an den Standorten Söllingen, Warmse und Siestedt ($n=275$; Mittelwerte aus drei Wiederholungen); (b) Beziehung zwischen CWSI und maximaler Durchwurzelungstiefe am Standort Warmse ($n=12$; Mittelwert aus zwei Wiederholungen). * und ***: Signifikant für $p < 0,05$ und $p < 0,001$.

Am Standort Warmse (lehmgiger Sand, 30 Bodenpunkte) waren CWSI und maximale Durchwurzelungstiefe signifikant korreliert (Abbildung 1b). Genotypen mit einem tiefen Wurzelsystem konnten durch Wasseraufnahme aus tieferen Bodenschichten einen besseren Wasserstatus (geringeren CWSI) aufrechterhalten als Genotypen mit einem flacheren Wurzelsystem. Mithilfe fernerkundlicher Messungen konnten somit indirekt auch Aussagen über Wurzelparameter getroffen werden. Sofern sich dieser Zusammenhang in den kommenden Versuchsjahren bestätigt, könnten die für Trockentoleranz bedeutsamen Wurzelmerkmale im Selektionsprozess mitberücksichtigt werden.

Literatur

Jackson R.D., Idso S.B., Reginato R.J., and Pinter P.J. 1981. Canopy temperature as a crop water-stress indicator. *Water Resources Research* 17, 1133-1138.

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.

Mehr CO₂ verringert den saisonalen Wasserverbrauch von Winterweizen insbesondere bei guter Nährstoffversorgung

Remy Manderscheid¹, Markus Dier¹, Martin Erbs² und Hans-Joachim Weigel¹

¹Thünen-Institut für Biodiversität, Braunschweig; ²JLU, Institut für Pflanzenökologie, Gießen.
E-Mail: remy.manderscheid@thuenen.de

Einleitung

Der Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration führt zu einer Steigerung der Photosynthese und gleichzeitig zu einer Verringerung der stomatären Leitfähigkeit. Damit verbunden ist eine Reduktion der Transpiration der Blätter. Die komplexen Auswirkungen auf den saisonalen Wasserverbrauch eines Getreidebestandes sind jedoch bisher nur unzureichend untersucht. Mais zeigte bei einer Erhöhung der CO₂-Konzentration um ca. 170 ppm eine Reduktion des saisonalen Wasserverbrauch um 9% (Hussain et al., 2013, Manderscheid et al., 2016). Die Reduktion der Transpiration des Bestandes war stärker ausgeprägt und lag bei ca. 20% (Manderscheid et al., 2016). Wir haben in einem zweijährigen FACE-Experiment die Wirkung erhöhter CO₂-Konzentrationen (+210 ppm) auf den saisonalen Wasserverbrauch von Winterweizen untersucht und dabei gleichzeitig die Bestandesgröße über die Stickstoffdüngung variiert.

Material und Methoden

Winterweizen wurde in zwei Versuchsjahren (2013/2014 und 2014/2015) auf dem FACE-Versuchsfeld des Thünen-Instituts angebaut. Neben der Änderung der CO₂-Konzentration (390 ppm und 600 ppm) wurden innerhalb jedes der drei Kontroll- und drei FACE-Ringe Versuchspartzellen mit drei Stickstoffstufen angelegt (N1: 40/35, N2: 180/200, N3: 320/320 kg N ha⁻¹ im 1./2. Jahr in Form von Kalkammonsalpeter). Um eine Wechselwirkung mit der Wasserversorgung auszuschließen, wurde in allen Versuchsvarianten die Bodenfeuchte mit TDR-Sonden verfolgt und bei Bedarf bewässert, um stets eine nutzbare Feldkapazität oberhalb von 50% zu gewährleisten. Aus den Daten zum Niederschlag, der Bewässerung und der Änderung der Bodenfeuchte wurde der saisonale Wasserverbrauch pro Versuchsfläche zwischen dem Schossen und der Kornreife ermittelt. Zu den gleichen Zeitpunkten wurde die oberirdische Biomasse in den verschiedenen Versuchsvarianten gemessen. Die Wassernutzungseffizienz (WUE) wurde aus dem Biomassezuwachs zwischen den beiden Terminen und dem zugehörigen Wasserverbrauch berechnet. Zusätzlich wurde der grüne Flächenindex aus Blätter, Halm und Ähren (GAI) durch weitere Probenahmen in der Vegetationsperiode verfolgt.

Ergebnisse und Diskussion

Der grüne Flächenindex (GAI) lag zwischen $< 2 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ und $> 5 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ (Abb. 1) passend zur N-Düngung. Der positive CO₂-Effekt auf den GAI war gering im Vergleich zum Effekt durch die N-Düngung. Der Wasserverbrauch zwischen Schossen und Kornreife betrug in beiden Jahren bis ca. 300 mm. Davon wurde 2014 ca. 2/3 und 2015 nur 1/3 vom Niederschlag geliefert. Der restliche Bedarf wurde durch die Bewässerung abgedeckt. 2014 wurde wegen der Witterung gelegentlich eine Bodenfeuchte von 100% nFK erreicht, sodass Wasserverluste durch Versickerung auftraten, die nicht erfasst wurden. Der saisonale Wasserverbrauch stieg erwar-

tungsgemäß mit dem GAI (Tab. 1). Unter mehr CO₂ kam es zu einer Abnahme des saisonalen Wasserverbrauchs insbesondere bei hohem GAI. Die Wasserersparnis durch mehr CO₂ reichte bis zu 50 mm bzw. 15% im zweiten Versuchsjahr und die Zunahme der WUE betrug ca. +20% bei wenig N und über 30% bei der höchsten N-Stufe.

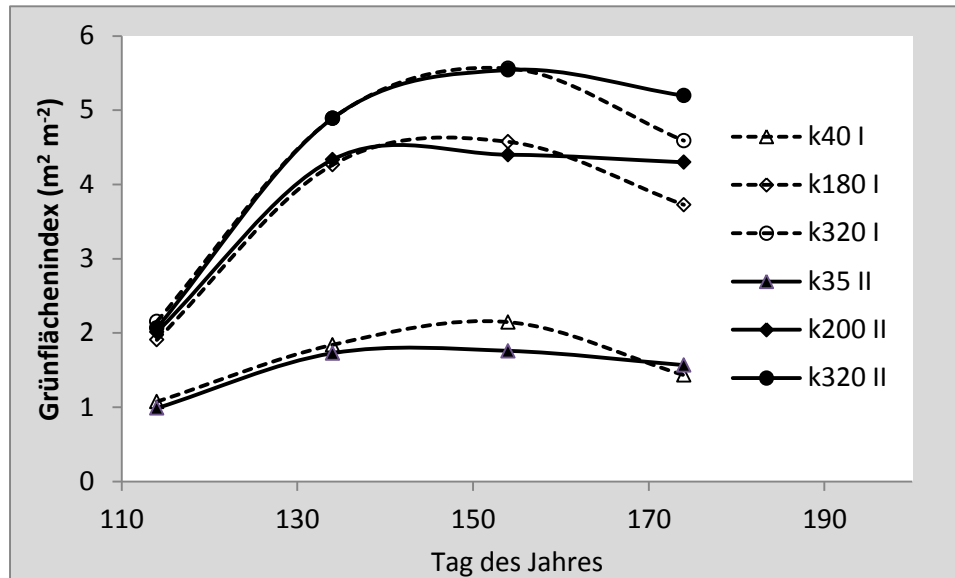


Abb.1: Verlauf des GAI in Abhängigkeit von der N-Düngung in zwei Jahren (I & II) gemittelt über beide CO₂-Konzentrationen.

Tab. 1: Wasserverbrauch und –Nutzungseffizienz bei Winterweizen unter 390 ppm (amb) und 600 ppm CO₂ (face) gemessen über 2 Jahre bei Variation der N-Düngung.

N-Stufe	2014				2015			
	Water use (mm)		WUE (g kg ⁻¹)		Water use (mm)		WUE (g kg ⁻¹)	
	amb	face	amb	face	amb	face	amb	face
N1	229	222	3,74	4,51	226	223	3,04	3,64
N2	313	298	4,66	5,87	300	263	4,94	6,58
N3	318	300	4,90	5,99	334	284	4,73	6,41

Nach den Resultaten bewirkt der Anstieg der CO₂ Konzentration (bei gleichem Verdunstungsanspruch der Atmosphäre) eine nennenswerte Abnahme des saisonalen Wasserverbrauchs und eine wesentliche Verbesserung der WUE. Die Größe des CO₂-Effekts ist ähnlich wie bei Mais. Die Variationsbreite des CO₂ Effekts zwischen den Jahren und N-Stufen beruhen vermutlich auf Änderungen im Anteil der Evaporation und der Versickerung an der Wasserbilanz.

Literatur

- Hussain MZ, A Vanloocke, M Siebers, U Ruiz-Vera, RJC Markelz, ADB Leakey, DR Ort, and CJ Bernacchi (2013). Future carbon dioxide concentration decreases canopy evapotranspiration and soil water depletion by field-grown maize. *Glob. Change Biol.* 19, 1572-1584.
- Manderscheid R, M Erbs, S Burkart, KP Wittich, FJ Löpmeier and HJ Weigel (2016). Effects of free-air carbon dioxide enrichment on sap flow and canopy microclimate of maize grown under different water supply. *J. Agro. Crop Sci.* doi:10.1111/jac.12150.

Resource efficient plant protection based on a data driven multi-scale approach for the process chain - Diseases detection - decision support - demand specific fungicide application

E. Memic¹, S. Graeff-Hönninger², W. Claupein³, H. Schomburg⁴ and A. Brandes⁵

^{1/2/3} University of Hohenheim/ Institute of Crop Science, Stuttgart; ⁴ Robert Bosch GmbH, Renningen; ⁵ Cubert GmbH, Ulm. E-Mail: emir.memic@uni-hohenheim.de

Introduction

The main objective of the project MartA (sMart sprAying) is the implementation of a multi-disciplinary approach with a purpose of developing decision mechanism for controlling leaf disease outbursts in sugar beet and wheat. Strong spatial variability indicates that leaf diseases are not randomly scattered in the field but that are most often emerging in smaller subfield zones (patches) that can be treated with precise sprayers with separately controllable nozzle heads in order to reduce the amount of pesticides used in the field treatments. On the other hand strong temporal variability in the field of leaf diseases means that any disease emergence depending on certain environmental and epidemiological factors can emerge at any point and quickly spread over the field. Because of that, on-time detection and treatment plays an important role in narrowing the effects of this yield limiting factor in agricultural production. The leaf diseases in wheat (*Septoria tritici*, *Puccinia striiformis* and *Drechslera tritici-repentis*) and in sugar beet (*Cercospora beticola*) have a relatively certain emerging pattern, depending on environmental factors, that can be predicted. The possibility to predict what disease is most likely to emerge at what stage of crop growth is important in dealing with strong temporal variability. Control over spatial and temporal variability in the researched crops and site-specific application of pesticides is the challenge and the objective of the project MartA. The potential of the technology to be developed is to detect visual and/or pre-visual (non-visible to human eye) symptoms that are appearing in an early stage of the crop growth and enable delineation of potential leaf disease outburst areas. This is something that has to be extensively researched. The advantage of a real-time approach over non-efficient conventional visual estimation, time and money consuming laboratory tests (Parker et al. 1995) and single rate pesticide treatments of leaf diseases in sugar beet and wheat are obvious, from a social, economic and environmental perspective. Leaf disease index will be developed from images taken by a camera sensor based on multispectral reflectance. The project is at its beginnings and the concept is being tested, but it is safe to assume that spectral reflectance of disease affected areas will be different and visible on photos and videos due to the effects of leaf diseases on crops transpiration rate, leaf colour, morphology and crop density (Huang et al. 2007).

Materials and Methods

At the Hohenheim University research station Ihinger Hof in Renningen, field trials will take place for the next three years with crops: wheat and sugar beet. Once every week depending on environmental conditions crops are being imaged with a Cubert UHD 185 - Firefly camera and ground truth data is being collected in a specific area in the field in order to compare them with results of taken images and videos. At the moment the camera is attached to the frontal part of the tractor (if necessary later on data might also be collected with a drone) and photos and videos are taken from different angles, in order to optimize leaf disease detection rate. The crop model

(DSSAT sugar beet and wheat) will be optimized and further developed with the goal to quantify the effect of occurring diseases on yield and to speed up the decision process for farmers for relevant fungicide application dates and rates. For detection, identification and quantification of the leaf disease in sugar beet and wheat, the Firefly camera is taking images of the crops every 2 seconds and the data is being stored for analyses, in order to differentiate leaf diseases with a multi-point spectrometer technique. The Cubert UHD-185 is light weight (470 g) and easy mountable (<http://cubert-gmbh.de/>). Spectral mobile mapping of diseases will enable on-time reaction and site-specific leaf disease control in the field. The Firefly camera mechanism is based on unique technology used to balance spatial and spectral resolution (<http://cubert-gmbh.de/>). The snapshot technology produces clean hyperspectral images without moving artifacts in it. The wavelength spectrum is between 450-950 nm with a spectral resolution of 8 nm@532 nm providing full hyperspectral cubes in 1/1000 of a second (<http://cubert-gmbh.de/>). Processing stage is extremely important, from the point of time and accuracy (temporal and spatial variability). For establishment of a commercially appealing system to the farmers: disease detection, identification and quantification are essential (Bock et al. 2010), for using in the DSSAT Crop System Model and QGIS Geospatial Simulation model as information basis.

Discussion and Results

During the course of the project georeferenced photos and videos, complimented with information from other sensors and weather reports will provide relevant information on the complete status of researched crops in time and space. This will enable the development of an accurate crop model (DSSAT for sugar beet and wheat) and site-specific disease model (Geospatial Simulation) on which a Smart Farming concept for decision making in fungicide spraying will be based.

Acknowledgement

The project is supported by funds of the Federal Ministry of Food and Agriculture (BMEL) based on a decision of the Parliament of the Federal Republic of Germany via the Federal Office for Agriculture and Food (BLE) under the innovation support programme.

Literature

- Bock, C. H., Poole, G. H., Parker, P. E., & Gottwald, T. R. (2010). Plant disease severity estimated visually, by digital photography and image analysis, and by hyperspectral imaging. *Critical Reviews in Plant Science*, 29, 59–107.
- Cubert Real-Time Spectral Imaging. c2016 Cubert-Gmbh; [accessed 2016 Jun 8]. <http://cubert-gmbh.de/wp-content/uploads/UHD-185.pdf>
- Huang et al., 2007 W. Huang, D.W. Lamb, Z. Niu, Y. Zhang, L. Liu, J. Wang. (2007). Identification of yellow rust in wheat using in-situ spectral reflectance measurements and airborne hyperspectral imaging. *Precision Agriculture*, 8, pp. 187–197
- Parker, S. P., Shaw, M. W., & Royle, D. J. (1995). The reliability of visual estimates of disease severity on cereal leaves. *Plant Pathology*, 44, 856–864.

Functional and structural adaptations of tomato upon soil drying: plant growth, transpiration and water relations

San Shwe Myint, Andreas Fricke and Hartmut Stützel

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

Introduction

Drought, the most important limiting constraint for crop production, is becoming an increasingly severe global concern in relation to climate change. Plants respond to limiting water availability through a complex series of adaptive changes (Chaves *et al.*, 2002) at the numerous structural (morphological) and functional (physiological and biochemical) cascades occurring in all plant organs (Klamkowski and Treder, 2006). Drought adaptation involves avoidance (e.g stomatal closure, hydraulic conductance), tolerance (e.g osmotic adjustment (OA), changes in tissue elasticity (Jones *et al.*, 1981) and efficiency mechanisms. OA is a key drought adaptive mechanism that enables plants to maintain water absorption and cell turgor pressure and thus potentially contribute to sustained photosynthetic rate and expansion of growth. Tomato is sensitive to drought stress throughout the ontogeny and requires a high water potential for optimal vegetative and reproductive development. For the optimization of water management and crop improvement, it is necessary to know which traits are relevant for drought adaptation and productivity and how they are quantitatively related. The objective of this study is to evaluate the adaptive responses of tomato to soil drying in terms of leaf area development, dry matter production, transpiration and water relations.

Materials and Methods

The experiment was conducted from January to March 2016 at the Institute of Horticultural Production Systems, Vegetables Systems Modelling Section, Leibniz Universität Hannover. Seedlings of tomato F1, Pannovy', Syngenta, established in peat-based substrate were first pricked into pots of 15 cm diameter and then transplanted at seven-leaf stage into 10-L pots (24.0 x 22.1 cm) filled with loamy sand under glasshouse conditions. The pots were laid out by 0.34 m x 0.42 m within and between rows and 1.5 m between blocks (lat. 52° 14'24' N, long. 9° 43'48' E). The RCB design was employed with two treatments (well-watered and droughted) and four replications, each consisting of five plants (sub-units). The exposed soil surfaces around the stem were covered by a plastic sheet to prevent the evaporative water loss. The plants were kept single stand. Side shoots and flowers were removed. At the beginning, all plants were irrigated the same. Drought imposition was initiated by withholding of water at 12-leaf stage. When the drought stressed plants showed 10% transpiration of the control, the plants were rewatered and a second drought cycle was imposed after four days of recovery period. The soil moisture status for the controlled condition was maintained at 75% WHC through a daily adjustment of pot weights by using gravimetric method. Data on selected structural (leaf length, plant height) and functional traits (transpiration, water relations) were recorded on youngest fully expanded leaves. Total leaf area and shoot dry mass were measured at four sequential harvests. Relative leaf expansion rate (RLER), relative leaf appearance rate (RLAR), relative stem elongation rate (RSER), relative stomata conductance (RSC), normalized transpiration ratio (NPR),

osmotic adjustment (OA), transpiration efficiency (TE) and fraction of transpirable soil water (FTSW) were computed as described in Masinde *et al.* (2005 and 2006). The relationships between RLER, RLAR, RSER, RSC and NPR, and FTSW were developed through linear plateau regression using NLIN procedure of SAS version 9.3 (2016).

Results and Discussion

Once the drought stress was imposed, values of relative parameters declined at the FTSW threshold values between 0.47 and 0.77. Early restrictions of leaf expansion, stomatal closure and the reduction of transpiration were detected, indicating the non-hydraulic root signalling mainly via ABA and adaptive responses of water saving mechanisms (dehydration avoidance or escape) of tomato plants. In spite of decreasing leaf WP (higher negative values) under drought stress, the plants tried to maintain RWC ratios at 1 over a wide range of FTSW, in parallel with increasing OA. The OA for tomato in this study was relatively low compared to the values of > 0.8 MPa for crops such as vegetable amaranth (Liu and Stützel, 2002), which might be partly influenced by a rapid soil drying. At near end point of FTSW, WP and OP ratios reached 2.5 and 1.38 respectively. Higher OP ratio (above 1) was observed at very low soil water status (FTSW < 0.2), revealing the improved OA for the maintenance of cell turgor and continued expansive processes. Transpiration efficiency (TE) of droughted plants was about 50% of well watered plants at the end of first drying cycle. But it improved up to nearly two-fold of controlled conditions along the second drying cycle with a good fitted linear function. From this study, drought adaptive responses and thresholds of key traits as a function of FTSW can be quantified for greenhouse grown tomato plants.

References

- Chaves MM, Pereira JS, Maroco J, Rodrigues ML, Ricardo CPP, Osório ML, Carcalho I, Faria T, Pinheiro C 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. *Annals of Botany* 89: 907-916.
- Jones MM, Turner NC, Osmond CB 1981. Mechanisms of drought resistance. In: *The physiology and biochemistry of drought resistance in plants*, Paleg, L.G.; Aspinall, D. (Eds.), pp. 20-35, Academic Press, ISBN 0-12-544380-3, Sydney.
- Klamkowski K, Treder W 2006. Morphological and physiological responses of strawberry plants to water stress. *Agriculturae Conspectus Scientificus* 71 (4): 159 – 165.
- Liu F, Stützel H 2002. Leaf water relations of vegetable amaranth (*Amaranthus* spp.) in response to soil drying. *Eur. J. Agron.* 16: 137-150.
- Masinde PW, Stützel H, Agong SG, Fricke A 2005. Plant growth, water relations and transpiration of Spiderplant (*Gynandropsis gynandra* (L.) Briq.) under water-limited conditions. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 130 (3): 469-477.
- Masinde PW, Stützel H, Agong SG, Fricke A 2006. Plant growth, water relations and transpiration of two species of African nightshade (*Solanum villosum* Mill. ssp. *Miniatum* (Bernh. Ex Willd.) Edmonds and *S. sarrachoides* Sendtn.) under water-limited conditions. *Scientia Horticulturae* 110: 7-15.

Model-assisted greenhouse management – an example for supplemental lighting in cucumber production

Yi-Chen Pao¹, Tsu-Wei Chen^{1,2} and Hartmut Stützel¹

¹ Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University of Hanover, Hanover, Germany.

² National Institute for Agricultural Research (INRA), Montpellier, France.

E-Mail: pao@gem.uni-hannover.de

Introduction

In greenhouse cultivation, supplemental lighting is commonly used to increase photosynthetic active radiation (PAR) for increasing daily canopy CO₂ assimilation (DCA) of the crop. How should supplemental lighting be applied efficiently is of concern, i.e. the daily application period of the supplemental lighting. The balance between energy input and its benefit on crop productivity should be taken into account for greenhouse management. This work uses a modelling approach to estimate the response of canopy photosynthesis and canopy light use efficiency (LUE) to the supplemental lighting under two different natural light conditions in combination with several scenarios of supplemental lighting application.

Materials and Methods

A multi-layer model representing a cucumber canopy with 25 layers was constructed to simulate DCA and LUE depending on the light environment. Each layer was different in its leaf age, leaf area (LA), specific leaf area (SLA), leaf nitrogen (N) concentration, photosynthetic N partitioning (PNP), photosynthetic parameters and local light intensity. LA, SLA and leaf N concentration were measured from representative cucumber cv. 'Aramon' canopies in a greenhouse experiment and were used as inputs to the model. Photosynthetic parameters, maximum carboxylation rate (V_{cmax}), maximum electron transport rate (J_{max}) and leaf absorptivity were simulated from PNP (Buckley et al., 2013), which was determined using an empirical relationship as depending on daily photon irradiance (DPI) at the leaf level and the leaf age. The light distribution in the canopy was simulated by Lambert-Beer law using a light coefficient of 0.695, a typical value of cucumber canopy. The diurnal irradiance above the canopy was simulated by a simple cosine bell function (Kimball B.A. and Bellamy L.A., 1986).

Using this model, DCA and LUE were simulated on a daily basis for winter (10 mol PAR m⁻² d⁻¹/ 9 hr day length) and summer (40 mol PAR m⁻² d⁻¹/ 15 hr day length) seasons in combination of two supplemental top-lighting (TL) scenarios: 2 hr during dawn and 2 hr during dusk (DD), and during the whole natural light period (NP). Canopy LUE is defined as daytime DCA divided by daytime total canopy intercepted PAR. In all scenarios, a total additional PAR of 7.2 mol m⁻² d⁻¹ was applied from the supplemental light source. Control plants in the model received no additional lighting.

Results and Discussion

The supplemental TL of $7.2 \text{ mol PAR m}^{-2} \text{ d}^{-1}$ resulted in total increase in daily canopy light interception of $6.2 \text{ mol PAR d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$, which corresponded to 72% and 18% increase in daily canopy light interception in the winter and summer light condition, respectively. Under winter condition, TL increased DCA by DD and NP scenarios by 63.8% and 61.3%, respectively, compared to control. Under summer condition, DD and NP showed 20.0% and 13.8% increase in DCA, respectively. This suggests, when a fixed amount of daily supplemental light is provided, it is more beneficial to apply with higher light intensity only during the period when the natural light is low, rather than apply with lower intensity throughout a longer period. The benefit of DD over NP is significant especially under the summer light condition. In winter, DD increased DCA by $0.239 \text{ mol d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$, equivalent to about $0.179 \text{ kg d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$ fresh weight of cucumber fruits. In summer, DD increased DCA by $0.225 \text{ mol d}^{-1} \text{ plant}^{-1}$.

It was found in this modelling study that supplemental lighting generally led to 4-6% lower LUE compared to control. In all scenarios, only DD in summer did not lead to lower LUE. With the same daily amount of supplemental lighting, DD led to 1.5% and 5.4% higher LUE than NP in winter and summer, respectively.

It is clear that the supplemental top-lighting increases DCA under both low and high light conditions tested in this modelling study. Providing supplemental lighting during the period with low natural light is beneficial in terms of both DCA and LUE, especially in high light conditions. This model can be used to investigate the effect of lighting environment on canopy photosynthesis and assist the decision-making in crop management.

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.
- Kimball B.A. and Bellamy L.A. (1986) Generation of diurnal solar radiation, temperature, and humidity patterns. *Energy in Agriculture* 5, 185-197.

Messungen und Rekonstruktion der dreidimensionalen Pflanzenarchitektur bei *Cucumis sativus* mit Hilfe des Low-Cost Sensors Microsoft Kinect V2

Christian Wagner¹, Jens-André Paffenholz² und Hartmut Stützel¹

¹ Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Leibniz Universität Hannover; ² Geodätisches Institut, Hannover;
E-Mail: christian.wagner@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Seit Jahren stellt die effiziente Phänotypisierung von Pflanzen eine wichtige Aufgabe für Wissenschaftler dar. Das Ziel ist es mit einer möglichst einfachen Aufnahmemethodik sehr genaue Messwerte verschiedener morphologischer Parameter (u. a. Blattfläche) zu erhalten. Um dieses Ziel zu erreichen, wurden verschiedene Aufnahmeverfahren entwickelt. Diese Verfahren beruhen oftmals auf Laserscannern oder Stereokamerasystemen, welche häufig mit hohen Anschaffungskosten verbunden sind. In dieser Arbeit wurde daher ein Low-Cost Sensor zur Erfassung von Pflanzen getestet. Hierbei handelt es sich um einen Sensor der Videospieleindustrie: Microsoft Kinect V2. Dieser Sensor wurde ursprünglich zur Gestensteuerung von Videospiele entwickelt, jedoch ist er vielseitig einsetzbar bis hin zur dreidimensionalen (3D)-Erfassung von Objekten. Die Erfassung beruht auf einem Tiefensensor, der Infrarotstrahlen aussendet und einem Sensor, der die reflektierten Infrarotstrahlen erfasst. Zusätzlich ist eine Kamera integriert, die außerdem eine farbliche Erfassung der Oberfläche ermöglicht.

Eine umfangreiche Untersuchung an einer ausgewählten Modellpflanze (hier Gurke) soll erste Aufschlüsse über die Eignung der Microsoft Kinect V2 zur Vermessung von Pflanzen geben. Ziel ist es, aus den 3D-Aufnahmen der erfassten Pflanzenteile (3D-Punktwolken) morphologische Pflanzenparameter zu bestimmen. Die ermittelten Parameter werden denen aus etablierten Verfahren abgeleiteten Parametern gegenübergestellt. Die Untersuchung beschränkt sich vorerst auf die Vermessung von Einzelpflanzen.

Material und Methoden

Im Gewächshaus kultivierte Gurken der Sorte ‚Aramon‘ wurden in Flüssigkultur in 30 Liter Behältern als Einzelpflanzen kultiviert. Der Pflanzenabstand betrug 1,5 Meter sodass die Pflanze von allen Seiten erfasst werden konnte. Der Microsoft Kinect V2 Sensor (Microsoft Corporation, Redmond, USA) war auf einem vertikalen Lift montiert um die Aufnahme der Pflanze aus unterschiedlichen Positionen, bis zu einer Höhe von 2 Metern zu ermöglichen. So wurden in mehreren Aufnahmen jeweils die Einzelblätter der Pflanzen erfasst. Die daraus resultierenden 3D-Punktwolken liegen vermascht vor und konnten im Anschluss dazu verwendet werden, Parameter wie die Blattfläche, den Neigungswinkel und den eingeschlossenen Winkel des Blattes zu bestimmen. Diese Parameter wurden zum einen mit den Parametern der Messung mit dem 3D-Digitizer von FASTRAK (Polhemus Inc., Colchester, VT, USA) gegenübergestellt. Zum anderen erfolgte ein Vergleich der Werte der Messung mit dem Blattflächenmessgerät LI-3100 (LI-COR, Lincoln, NE, USA) mit den aus den Scans abgeleiteten Blattflächen. Die Genauigkeit des Digitizers liegt unter

kontrollierten Bedingungen bei 1 mm und unter Freilandbedingungen bei 10 mm (Sinoquet et al. 1998). Die Genauigkeit des Blattflächenmessgerätes liegt bei 95-99% (Kahlen und Stützel 2007).

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Microsoft Kinect V2 konnten 3D-Einzelaufnahmen der Gurke getätigt werden. Nach einer Bearbeitung der Rohscans konnte eine Auswertung der vermaschten Punktwolken erfolgen. Dabei wurden die einzelnen Blattflächen und die Einzelblattwinkel bestimmt. Im Vergleich zu den bestimmten Parametern aus den Daten des Digitizers ist eine sehr hohe Ähnlichkeit der Winkel und Blattflächen aus den Kinect Daten festzustellen. Die Blattflächen des Blattflächenmessgerätes gleichen den Ergebnissen aus den Kinect Messungen noch stärker, als die Werte des Digitizers. Der einzige Nachteil liegt zurzeit im begrenzten Aufnahmebereich der Kinect, sodass eine Erfassung der kompletten Pflanze viele Einzelaufnahmen benötigt. Um aus diesen Einzelaufnahmen ein Modell der Gesamtpflanze zu erstellen, ist als weiterführender Schritt die Registrierung dieser Einzelaufnahmen in einem gemeinsamen Koordinatensystem nötig.

Literatur

- Kahlen, K, Stützel, H. (2007): Estimation geometric attributes and masses of individual cucumber organs using three-dimensional digitizing and allometric relationships, *J. amer. soc. hort. sci.* 132(4), 439–446
- Sinoquet, H., Thanisawanyangkura, S., Mabrouk, H., Kasemsap, P. (1998): Characterization of the light environment in canopies using 3D digitising and image processing. *Annals of Botany*, 82, 203-2

Quantitativ-statistische Analyse der Ausprägung von Ertragskomponenten bei Sommergerstenintrogressionslinien

Sarah Zahn¹, Barbara Koblenz¹, Klaus Pillen² und Olaf Christen¹

¹ Professur allg. Pflanzenbau/ökologischer Landbau, Institut für Agrar- und Ernährungswissensch., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle, E-Mail: sarah.zahn@landw.uni-halle.de

² Professur Pflanzenzüchtung, Institut für Agrar- und Ernährungswissensch., Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Einleitung

Der Perspektive auch in Zukunft ökonomisch und biologisch rentable Kulturarten unter klimatisch erschwerten Bedingungen anzubauen, wird eine immer größere Bedeutung zuteil. Die Züchtung und Etablierung von Introgressionslinien können dabei eine wichtige Rolle zur Überwindung witterungsbedingter Herausforderungen spielen und zusätzlich die genetische Biodiversität heutiger Fruchtarten erhöhen. Solche Introgressionspopulationen beinhalten auch unter widrigen Umweltbedingungen die Möglichkeiten zur Stabilisierung von Erträgen und Inhaltsstoffen Schmalenbach *et al.* (2008) etablierten anhand dieser Methodik israelische Wildtyp(WT)-Allele in den Genpool einer Elite-Sommergerste.

Das 'IPAS Barley Biodiversity Project' wurde zur Phänotypisierung einer Reihe komplexer Pflanzenmerkmalen in 49 Sommergerstenintrogressionslinien initiiert, um vorteilhafte Kandidatengene für zukünftige Merkmale zu identifizieren.

Material und Methoden

Durch Kreuzung der Sommergerstensorte "Scarlett" mit der Wildgerstenakzession ISR42-8 wurden Linien generiert, die einzelne oder wenige kurze homogene WT Introgressionen tragen. Um den Einfluss verschiedener Umweltbedingungen auf diese Linien zu untersuchen, wurden die ILs an zwei Standorten in Sachsen-Anhalt, Merbitz und Morgenrot, angebaut. Der Bodentyp des Versuchsfeldes Merbitz (51°36'38.6"N 11°53'27.8"E) ist eine lößbestimmte Schwarzerde und die Bodentextur kann als Lehm angesprochen werden, während in Morgenrot (51°47'19.2"N 11°12'14.5"E) 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. An beiden Standorten wurden 49 ILs und 10 aktuelle Sommergerstensorten plus der rekurrente Elter 'Scarlett' in einem Feldversuch mit zwei Düngestufen (N₀ und N₁, Differenz 40 kg N/ha) geprüft. Zusätzlich wurden in Merbitz zwei Vorfrüchte – Winterweizen (WW) und Winterraps (WR) vor den Anbau der ILs als Prüffaktor etabliert. Der Versuch wurde als randomisierte Spaltanlage mit drei Wiederholungen für jede Faktorenkombination angelegt.

Ergebnisse

In Merbitz wurden signifikante Vorfruchteffekte für alle Ertragskomponenten, wie Kornfläche (GRA), Körner pro Ähre (GEA) und ährentragende Halme (EAR), gefunden. Ausschließlich auf das Merkmal Tausendkorngewicht (TGW) hatte die Vorfrucht keinen Einfluss. Bei den beeinflussten Parametern führte der Anbau der Sommergerste nach Winterraps zu erhöhten Mittelwerten, Minima sowie Maxima im Vergleich zu Winterweizen. Am Standort Morgenrot zeigte der Faktor Düngestufe signifikante Unterschiede in der Ausprägung der Merkmale TGW, GRA und EAR. Bis auf EAR führte die N₁-Stufe gegenüber der N₀-Stufe zu höheren Mittelwerten der Parameter. Im Vergleich mit der Kontrollsorte „Scarlett“ wiesen einige Genotypen

signifikant verschiedene TGW auf. Am Standort Merbitz wurde eine Reduzierung dessen bei drei Linien festgestellt, während zwei Linien eine Zunahme zeigten. Die Auswertung in Morgenrot dokumentiert lediglich in einer Linie eine Reduktion. In drei Fällen konnte eine Zunahme der Werte im Vergleich zu „Scarlett“ beobachtet werden. Insgesamt konnten für beide Standorte zwei einheitliche Linien gefunden werden, welche einen sign. Effekt in TGW gegenüber „Scarlett“ hatten. Die Kontrolle „Scarlett“ zeigte auf beiden Testflächen sehr ähnliche Ergebnisse des Parameters TGW.

Durch Korrelationen konnte gezeigt werden, dass GRA einen höheren Einfluss auf das resultierende TGW hat als GEA (Tabelle 1).

Tab. 1: Korrelation zwischen Ertragskomponenten in Bezug auf Vorfruchteffekt in Merbitz (* P<0.05)

Korrelation	GRA WR	GRA WW	GEA WR	GEA WW	EAR WR	EAR WW
TGW	0.76*	0.77*	-0.38*	-0.28*	0.04	0.05
GRA WR	1.00	0.78*	-0.26*	-0.28*	0.03	0.07
GRA WW		1.00	-0.28*	-0.13	-0.10	0.06
GEA WR			1.00	0.83*	-0.26*	-0.13
GEA WW				1.00	-0.23	-0.05
EAR WR					1.00	0.32*
EAR WW						1.00

Das Ertragsmerkmal TGW korreliert in Morgenrot ebenfalls positiv mit GRA, während negative Korrelationen zwischen TGW und GEA bestehen (Tabelle 2).

Tab. 2: Korrelation zwischen Ertragskomponenten in Bezug auf Düngeeffekt in Morgenrot (* P<0.05)

Korrelation	TGW N ₁	TGW N ₀	GRA N ₁	GRA N ₀	GEA	EAR N ₁	EAR N ₀
TGW N ₁	1.00	0.92*	0.63*	0.51*	-0.19	0.11	-0.18
TGW N ₀		1.00	0.40*	0.57*	-0.15	0.22	-0.14
GRA N ₁			1.00	0.69*	-0.06	0.19	-0.11
GRA N ₀				1.00	0.07	0.11	-0.14
GEA					1.00	-0.26*	0.13
EAR N ₁						1.00	0.38*
EAR N ₀							1.00

Fazit

Sowohl die Vorfrucht in Merbitz als auch die Düngung in Morgenrot zeigten signifikante Effekte auf die meisten Ertragskomponenten und Genotypen.

Durch Vergleiche der S42IIs mit „Scarlett“ stellten sich signifikante Unterschiede für das Merkmal Tausendkorngewicht heraus. Unter den getesteten Umwelten ist dieses Merkmal insbesondere durch die Ausbildung der Kornfläche beeinflusst.

Literatur

Schmalenbach I. - Körber N. - Pillen K.: 2008. Selecting a set of wild barley introgression lines and verification of QTL effects for resistance to powdery mildew and leaf rust. Theor Appl Genet, 117: 1093–1106

Klimawandel und Tafeltraubenanbau in Deutschland – Auswirkungen von Trockenstress auf Wachstum und Entwicklung ausgewählter Sorten

Carolin S. Weiler¹, Nikolaus Merkt², Wilhelm Claupein¹ und Simone Graeff-Hönninger¹

¹ Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Hohenheim, Fruwirthstraße 23, 70599 Stuttgart. E-Mail: Carolin.Weiler@uni-hohenheim.de

² Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Qualität pflanzlicher Erzeugnisse, Universität Hohenheim, Emil-Wolff-Straße 23, 70599 Stuttgart.

Einleitung

In Deutschland zählen Tafeltrauben neben Äpfeln und Bananen zu der beliebtesten Obstsorte. 2013/2014 wurden pro Kopf insgesamt 5,2 kg Tafeltrauben inklusive Saft verzerrt (BMEL 2015). Nur ein geringer Anteil der konsumierten Früchte wird trotz eines hohen Marktpotentials in Deutschland produziert. Deutschland importiert rund 288.000 t (2014) aus EU-Ländern sowie verschiedenen Drittländern. Durch die Änderung der Weinbauverordnung in 2000 dürfen Tafeltrauben auch auf Flächen, außerhalb von Weinbaugebieten, angebaut werden. Die Aufhebung dieser Beschränkung ermöglicht eine Produktion auf geeigneten Standorten. Durch den fortschreitenden Klimawandel kann in Zukunft mit mehr potentiell nutzbaren Flächen gerechnet werden. Aufgrund von steigenden Temperaturen, Veränderungen der Niederschlagsverteilung und anhaltenden Trockenphasen während der Wachstumsperiode werden die Pflanzen immer häufiger unter Trockenstress leiden, was zu einem sinkenden Ertrag und/oder sinkender Qualität führen kann (Parry et al. 2007). Eine Bewässerung wird zukünftig für viele Kulturpflanzen notwendig werden. Die Tafeltraube ist im Vergleich mit Keltertrauben besonders anfällig für Trockenstress - sie erzielen höhere Erträge haben aber einen höheren Wasserbedarf (Ziegler 2004, Eibach und Allewedt 1983). Außerdem stellt der Konsument hohe Anforderung an Optik und Qualität der Frucht. Die für die Kaufentscheidung wichtigsten Kriterien sind eine hohe Festigkeit der Beeren und eine knackige Textur (Ruiz et al. 2004).

Um auch in Zukunft nachhaltig mit der wichtigen(sten) Ressource Wasser umzugehen, ist eine hohe Wassernutzungseffizienz der Pflanzen notwendig. Der Anbau von an Trockenzeiten angepassten Sorten, ohne signifikante Qualitätseinbußen, könnte für die Tafeltraubenproduktion in Deutschland eine zukunftsfähige Lösung sein. Ziel dieser Untersuchung ist es, (I) die Auswirkungen von Trockenstress auf das Wachstum, die Pflanzenentwicklung, den Ertrag und die Qualität von ausgewählten deutschen und israelischen Tafeltraubensorten zu bestimmen und (II) den Einfluss der Unterlage auf das Pflanzenwachstum, die Entwicklung, die Qualität und den Ertrag des Edelreises bei Trockenheit zu erfassen.

Material und Methoden

Die Topfversuche werden seit 2014 in dem Gewächshaus des Fachgebietes Qualität pflanzlicher Erzeugnisse der Universität Hohenheim durchgeführt. In dem ersten Versuch wurden die vier deutschen Tafeltraubensorten Muscat Bleu, Fanny, Nero und Palatina, sowie die zwei israelischen Sorten Thompson Seedless und Crimson Seedless hinsichtlich ihrer Trockenstresstoleranz untersucht. Zusätzlich wurden die Unterlagensorten 140 Ruggeri, eine als trockenheitstolerant geltende Unterlage und die trockenheitssensitive Unterlage SO4 getestet. In einem zweiten Versuch wird seit

2015 die Edelreis-Unterlage-Interaktion der Propfung von Muscat Bleu auf SO4 untersucht. In einem dritten Versuch werden neben der bereits erwähnten Propfung die Kombination von Muscat Bleu auf 140 Ruggeri sowie Crimson Seedless auf SO4 miteinander verglichen. Die Stresslevel der drei Versuche sind: Kein Stress (Bewässerung auf 75% nFK), moderater Stress (Bewässerung auf 50% nFK) und starker Stress (Bewässerung auf 25% nFK). In 2014-2015 fand bei allen Pflanzen nur vegetatives Wachstum statt. Der erste Ertrag wird für 2016 erwartet

Ergebnisse und Diskussion

Während der gesamten Vegetationsperiode wurden bislang in allen Versuchen Entwicklungsstadium, Höhe sowie Blattanzahl der Pflanze erfasst.

Der Wachstumsverlauf der deutschen Sorte Palatina zeigte in 2015 drei Wochen nach der Stressinduktion eine deutliche Reaktion auf die starke Stressbehandlung. Die anderen Sorten zeigten keine eindeutige Reaktion während der Stressdauer von 12 Wochen. Dies lässt darauf schließen, dass die Sorte Palatina im Hinblick auf das Pflanzenwachstum sensibler auf defizitäre Bewässerung reagiert.

Bei der Ernte in 2016 werden äußere (Aussehen) sowie innere (Geschmack und sekundäre Metaboliten) Qualitätsparameter bestimmt. Das Aussehen wird dabei anhand von Größe, Gewicht und Struktur der Trauben und Beeren bewertet. Im Hinblick auf die innere Qualität werden der Zuckergehalt, organische Säuren und die titrierbare Säure ermittelt. Weiterhin werden mittels HPLC Analytik Wein- und Apfelsäure bestimmt, wie auch die Polyphenole Anthocyane, Phenolsäure, Anthoxanthine, OPCs (Oligomere Proanthocyanine) und Stilbene.

Literatur

- Eibach, R., Alleweldt, G. (1983). Einfluß der Wasserversorgung auf Wachstum, Gaswechsel und Substanzproduktion traubentragender Reben I. Das vegetative Wachstum. *Vitis* 22:231-240.
- Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E. (eds) (2007). Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Ruiz, R., Moyano, S., Navia, T. (2004). Acumulación de compuestos nitrogenados en relación al problema de baya blanda en uva de mesa. *Agricultura Técnica*, 64(4), 426-430.
- Ziegler, B. (2004). Wasserschonende Bodenbewirtschaftung. Vortrag Weibautage 2004. DLR Rheinland-Pfalz. Online Verfügbar: <http://www.dlr-rheinpfalz.rlp.de/internet/global/themen.nsf/514c58a76a079447c12573a1003a5d31/e4938c56b1100efbc125700a004c9b3c?OpenDocument>

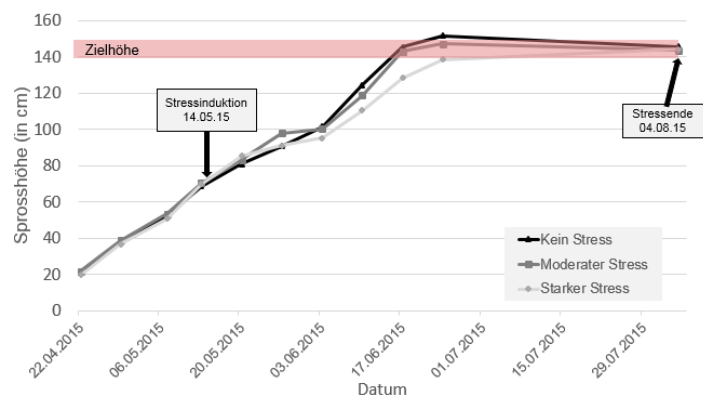


Abb. 1: Gemittelter Wachstumsverlauf der drei Stressbehandlungen (tägliche Bewässerung auf 75%, 50% und 25% nFK) der Sorte "Palatina" in 2015. Stressinduktion : 14.05.15, Stressende 04.08.15, Stressdauer: Tage; Mittelwerte der 8 Wiederholungen pro Behandlung; Zielhöhe: Rückschnitt auf 140-150 cm Sprosshöhe.

Knöllchenzahl und- morphologie verschiedener Leguminosen im Verlauf der frühen Pflanzenentwicklung

T. Blecher

Fachhochschule Südwestfalen – Standort Soest – Agrarwirtschaft, Feldsaaten Freudenberger Krefeld.
E-Mail: *timoblecher@gmx.de*

Einleitung

Zusammenhänge zwischen der biologischen N-Fixierung und der Nodulation von Knöllchen sind in der Literatur bereits ausführlich beschrieben. Zudem ist klar, dass Unterschiede in Bezug auf die Stickstofffixierungsleistung bei verschiedenen Leguminosenarten beobachtet werden können (HELDT U. PIECHULLA 2015 S. 293; WERNER 1999 S. 560). Wenige Angaben liegen jedoch zu den artspezifischen Unterschieden vor, was den Zeitpunkt und den Verlauf der Knöllchenbildung betrifft. In der vorliegenden Arbeit wurde bezogen auf Knöllchenbildung und -morphologie im Zeitraum der frühen Pflanzenentwicklung überprüft, ob Unterschiede zwischen verschiedenen Leguminosen festgestellt werden können. Dies sowohl in Bezug auf die Knöllchenzahl, als auch Größe und Morphologie zu unterschiedlichen Zeitpunkten.

Material und Methoden

Grundlage war ein Gefäßversuch der Kulturen Erbse, Lupine, Rotklee und Luzerne. Alle Kulturen wurden mit dem Flüssigimpfmittel Rhizofix der Firma Feldsaaten Freudenberger beimpft, um die Nodulation zu gewährleisten. Für die verschiedenen Kulturen wurden die entsprechend spezifischen Bakterienstämme verwendet. Die erste Bonitur der Wurzel fand bereits fünf Tage nach dem Auflaufen der Kulturen statt. Weitere Bonituren nach 14 und 30 Tagen sollten den Verlauf der Knöllchenentwicklung während der frühen Pflanzenentwicklung darstellen.

Die Knöllchen wurden in folgende Größenklassen differenziert:

- I. 0,1 – 2,0 mm
- II. 2,1 - 5,0 mm
- III. 5,1 - 7,5 mm

Ergebnisse und Diskussion

Fünf Tage NA kann bei keiner der ausgewählten Leguminosenarten Knöllchen oder Auswölbungen die auf solche hinweisen, festgestellt werden. 14 Tage NA sind zum einen erste Unterschiede in der Aufwuchshöhe der Kulturen sichtbar, zum anderen können Unterschiede bezogen auf das Wurzelwachstum festgestellt werden. Dabei ist die Erbse deutlich weiter entwickelt, als die anderen Leguminosen. Außerdem können erste Knöllchen an allen vier Kulturen beobachtet werden. Hierbei lassen sich die Knöllchen von Erbse, Lupine und Luzerne in die beiden Größenklassen I (0,1 - 2,0 mm) und II (2,1 - 5,0 mm) einteilen. Bei Rotklee hingegen folgt die Einordnung aller Knöllchen in die Größenklasse I. Die größte durchschnittliche Anzahl an Knöllchen kann bei der schnell wachsenden Erbse beobachtet werden. In diesem frühen Entwicklungsstadium sind bereits acht Knöllchen pro Pflanze ausgebildet, wobei 7,6 der Klasse I und 0,5 der Klasse II zuzuordnen sind (vgl. Abb. 1). 30 Tage NA weist die Luzerne die geringste Zahl mit durchschnittlich fünf Knöllchen pro Pflanze auf. Es folgen Rotklee und Lupine, die ca. 10 Knöllchen

gebildet haben. Mit Abstand die meisten Knöllchen sind bei der Erbse vorzufinden, die nach 30 Tagen bereits 59 Knöllchen pro Pflanze gebildet hat (vgl. Abb. 1). Im Blick auf die Größenverteilung der gebildeten Knöllchen, wird deutlich, dass bei Rotklee, Lupine und Erbse die Größenklasse II überwiegt (vgl. Abb. 11). Auffällig ist, dass bei Lupine fast ausschließlich Knöllchen der Klasse II vorkommen (80 %). Bei Luzerne ist das Verhältnis nahezu ausgeglichen.

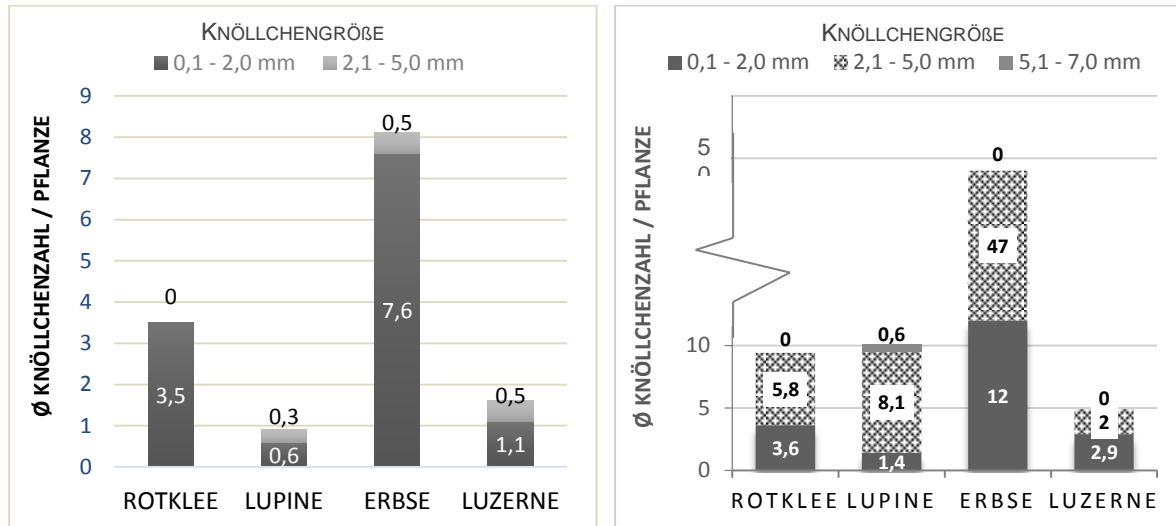


Abb. 1: Durchschnittliche Knöllchenzahl der verschiedenen Kulturen 14 Tage NA (links) und 30 Tage NA (rechts)

Insgesamt kann eine deutliche Zunahme der Knöllchenzahl bei allen vier Kulturen innerhalb der ersten 30 Tage beobachtet werden, wobei der Schwerpunkt eindeutig auf der zweiten Hälfte (Tag 14 - 30) liegt. Auch die Größe der einzelnen Knöllchen ist in diesem Zeitraum angestiegen. Die deutlichste Entwicklung, bezogen auf die Knöllchenzahl weist eindeutig die Erbse auf. Innerhalb von 16 Tagen hat sich die durchschnittliche Knöllchenzahl pro Pflanze versiebenfacht. Wird die Größenzunahme der Knöllchen betrachtet, ist die stärkste Entwicklung bei der Lupine vorzufinden.

Literatur

- HELDT, H. W. UND PIECHULLA, B. (2015): Durch N₂- Fixierung kann der Luftstickstoff für das Pflanzenwachstum genutzt werden. Pflanzenbiochemie. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg.
- Ottow, J. C. G. (2011): Die mikrobiologische N₂-Fixierung in Böden und Rhizosphäre. Mikrobiologie von Böden. Springer – Verlag Berlin, Heidelberg.
- WERNER, D. (1987): Die Rhizobien/Bradyrhizobien-Fabales-Symbiose. Pflanzliche und mikrobielle Symbiosen. Georg Thieme Verlag, Stuttgart.
- WERNER, D. (1999): Biologische Stickstoff-Fixierung (BNF). Handbuch des Pflanzenbaues 3. Knollen- und Wurzelfrüchte, Körner- und Futterleguminosen. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.

Einfluß von Gründüngung (Mulchnutzung) auf die symbiotische Stickstofffixierung bei Rotklee (*Trifolium pratense*)

Christopher Brock¹, Klemens Ekschmitt² und Yongcheng Wu^{1,3}

¹ Justus-Liebig-Universität Giessen, Professur für Organischen Landbau, Karl-Glöckner-Str. 21c, 35394 Giessen, E-mail: christopher.j.brock@agr.uni-giessen.de

² Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Tierökologie, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen

³ Sichuan Agricultural University, Department of Ecological Agriculture and Rural Development, Huimin Road 211, Wenjiang District, Chengdu City, Sichuan Province, 611130, PR China

Einleitung

Die symbiotische Fixierung von atmosphärischem Stickstoff ist eine bedeutende ökologische Leistung (ecosystem service) legumer Pflanzen. Im Ackerbau können hierfür insbesondere über- oder mehrjährige Bestände von Futterleguminosen (auch im Gemenge mit Nicht-Leguminosen) genutzt werden. Dies geschieht heute vor allem im ökologischen Landbau, ist aber nicht auf diese Bewirtschaftungsform beschränkt. Auf viehlosen Betrieben stellt dabei das mehrmalige Mulchen der Bestände eine verbreitete Nutzungsform dar. Es wurde jedoch gezeigt, daß die Düngewirkung des Mulches die symbiotische N-Fixierung im folgenden Aufwuchs vermindert (u.a. Helmert et al. 2003). Zur weiteren Aufklärung und Quantifizierung dieses Zusammenhangs haben wir einen Gefäßversuch zum Einfluss von Gründüngung und mineralischer N-Düngung auf die biologische N-Fixierung (BNF) bei Rotklee (*Trifolium pratense*) durchgeführt (Wu et al. 2016).

Material und Methoden

In einem Gefäßversuch wurden vier Varianten mit Rotklee (*Trifolium Pratense*) in dreifacher Wiederholung angelegt. Als Referenz für die Messung der biologischen N-Fixierung wurden alle Varianten parallel mit Weidelgras (*Lolium multiflorum*) etabliert, zusätzlich wurde eine Variante mit Rotklee auf N-freiem Substrat angelegt. Die Varianten unterschieden sich in der Nutzung des Aufwuchses bzw. der Düngung (Tab.1).

Untersucht wurden Anteile (g BNF g Biomasse-N⁻¹) und Mengen (g BNF-N Gefäß⁻¹) der BNF in ober- und unterirdischer Biomasse in Abhängigkeit von der Verfügbarkeit von N aus Boden und Düngern. Die Bestimmung der BNF erfolgte über den Vergleich des 14/15-N-Verhältnisses in Varianten und Referenzen mittels Natural-Abundance-Methode (Shearer und Kohl 1986).

Tab. 1: Variantenbeschreibung Lenifix-Experiment

Nr.	ID	Fruchtart	Substrat	Düngung
1	TP-Ref	<i>Trifolium pratense</i>	Sand (N-frei)	Ohne
2	TP-0	<i>Trifolium pratense</i>	Boden (angemischt)	Ohne
3	TP-L	<i>Trifolium pratense</i>	Boden (angemischt)	Mulch (Lolium)
4	TP-T	<i>Trifolium pratense</i>	Boden (angemischt)	Mulch (Trifolium)
5	TP-N	<i>Trifolium pratense</i>	Boden (angemischt)	Mineral. N-Dünger
6	LM-0	<i>Lolium multiflorum</i>	Boden (angemischt)	Ohne
7	LM-L	<i>Lolium multiflorum</i>	Boden (angemischt)	Mulch (Lolium)
8	LM-T	<i>Lolium multiflorum</i>	Boden (angemischt)	Mulch (Trifolium)
9	LM-N	<i>Lolium multiflorum</i>	Boden (angemischt)	Mineral. N-Dünger

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Fixierung in den verschiedenen Varianten lag zwischen 29 und 73% BNF-Anteil am Biomasse-N der Pflanzen. Es bestand dabei ein signifikanter Unterschied zwischen der oberirdischen und der unterirdischen Biomasse, mit höheren BNF-Anteilen in der unterirdischen Biomasse. Gründüngung und die Applikation von mineralischem N führten im Versuch zu einer signifikanten Abnahme der N-Fixierung in der oberirdischen Biomasse, während bei der unterirdischen Biomasse kein signifikanter Einfluss der Düngung beobachtet werden konnte. Aufgrund der größeren N-Mengen im Aufwuchs war der negative Einfluss der N-Verfügbarkeit auf die N-Fixierung jedoch –trotz der geringeren BNF-Anteile in dieser Fraktion- auch bei den insgesamt fixierten N-Mengen signifikant. Der Zusammenhang entsprach $y = 1,50 - 0,87x$ (mit y =BNF-Menge und x =verfügbare N-Menge (g N Gefäß⁻¹) aus Boden und Düngung) und war damit nahezu proportional. Inwiefern dieser Zusammenhang unter Feldbedingungen durch abweichende Sproß:Wurzel-Verhältnisse beeinflusst wird, muss weiter geprüft werden.

Literatur

- Helmert M, Heuwinkel H, Pommer G, Gutser R, Schmidhalter U (2003): N-Flüsse in gemulchtem und geschnittenem Klee gras: Warum Klee gras-Brache im Ökologischen Landbau (OL) die Erträge der Folgefrucht nicht erhöht. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft, 102, 347 – 348.
- Shearer G, Kohl D H (1993): Natural abundance of ¹⁵N fractional contribution of two sources to a common sink and use of isotope discrimination. In: Knowles R, Blackburn T H (Hrsg.): Nitrogen Isotope Techniques. Academic Press, San Diego, S. 89–125.
- Wu Y, Ekschmitt K, Brock C (2016): Impact of N availability on biological nitrogen fixation in red clover (*trifolium pratense*) – results from a pot experiment. (in Vorbereitung)

Beneficial microbes induce stress resistance against black spot fungi and improve field pea productivity

Getinet Desalegn¹, Reinhard Turetschek², Stefanie Wienkoop² und Hans-Peter Kaul¹

¹ University of Natural Resources and Life Sciences, Department of Crop Sciences

² University of Vienna, Department of Ecogenomics and Systems Biology

Introduction

In sustainable intensification of cereal-based production systems, the associations of legumes such as field pea (*Pisum sativum* L.) with the beneficial microbes play critical roles in improving productivity and health of both crops and soil. However, farmers are hesitant to grow legume crops for a number of reasons such as the quantity of the yield and the financial return, which vary depending on the region and biotic or abiotic conditions. In pea production, Ascochyta blight, sometimes called black spot (*Didymella pinodes*), which attack seedlings and all the above ground parts of plants (Ahmed et al., 2015) is one of the most yield limiting factors globally. Although extensive breeding studies have been carried out so far, pea cultivars with durable resistance to this black spot are not yet available and other suggested control systems (e.g. sowing dates) are often not suitable to farm situations (Desalegn et al., 2016). We aim to evaluate alternative practices, especially, whether a single or dual inoculation of arbuscular mycorrhiza fungi (AMF) and rhizobia (R) associations in the rhizosphere affect dry matter (DM) production and disease severity (DS) as well as proteome and metabolome of pea plants or not.

Materials and methods

A factorial experiment with four symbiont treatments and with or without pathogen (black spot) infection was carried out in a completely randomized design. The four symbiont treatments were: AMF, *Glomus mosseae* (M), *Rhizobium leguminosarum* bv. *viciae* (R), dual microbial symbionts of AMF and *Rhizobium* (MR) and a control with dual synthetic NP mineral fertilizer but without symbionts (NP). Four and three biological replicates were sampled for phenotypic characterisation as well as for proteome and metabolome studies, respectively. Measurements, laboratory analyses and statistical related issues were done as described by Desalegn et al. (2016).

Results and discussion

We noted that the mean DS on leaflets of plants inoculated with single R was significantly lower than on plants with AMF treatments (M and MR), but not on stipules (Fig. 1 A, B). Additionally, a general downward (not upward) disease progress from leaflets to petioles, stipules and to the base of stems was noticed. The mean DM production was significantly lower by 70% in diseased plants than in healthy ones (Fig. 2). In both healthy and diseased plants, the R treatment showed significantly higher mean shoot DM as compared to M. However, the dual inoculation (MR) failed to show its synergistic effects on maximizing DM productions over the individual microbial symbionts (M or R). That might be attributed to the lower effectiveness of the AMF symbiosis or competition between them for survival and multiplication, energy (C), nutrients and space on roots (Desalegn, et al., 2016).

A common plant response against biotic stress was observed in proteome and metabolome (data not shown). The pathogen infection caused a common and most pronounced metabolic response such as in TCA and amino acid metabolism and pisatin pathway in the rhizobial plants. All mycorrhizal treatments were involved in metal ion homeostasis and dampening of reactive oxygen species, while the co-inoculation caused the synthesis of stress related proteins. We found that the primary metabolism contributes crucially to the plant's defence response which was in agreement with Rojas et al. (2014).

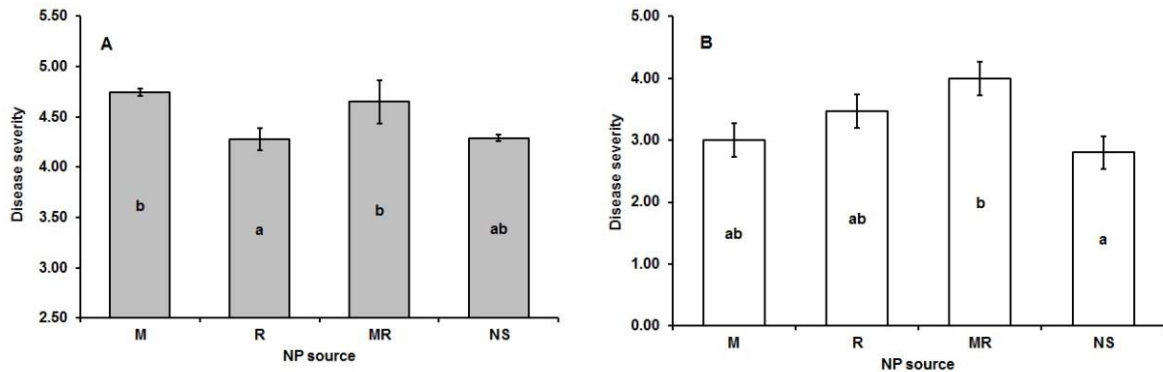


Fig. 1. Effects of beneficial microbes on disease severity after 9 days of black spots infection on (A) leaflets and (B) stipules of field pea (*Pisum sativum* L.). Abbreviations are: M (AM fungi); R (*Rhizobium* bacteria); MR (dual AM fungi and R); NP (non-symbiotic but synthetic dual nitrogen and phosphorus mineral fertilizers). Values are means (n=4) and error bars indicate standard error.

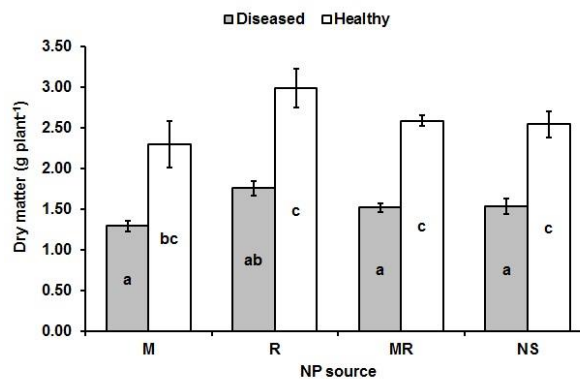


Fig. 2. Effects of beneficial microbial symbionts on dry matter production of *P. sativum* under black spots infection and healthy growth conditions. Abbreviations are: M (AM fungi); R (*Rhizobium* bacteria); MR (dual AM fungi and R); NS (non-symbiotic but synthetic dual nitrogen and phosphorus mineral fertilizers). Values are means (n=4) and error bars indicate standard error.

Here we conclude that the importance of microbial symbiont associations with the plants is not only for nutrient acquisition but also for priming of the leaf proteome as well as the specific early pathogen stress response. We suggest further detailed studies to compare pea cultivars in order to investigate different resistance levels derived from enhanced compatibility with symbionts.

Literature

- Ahmed H, Chang K-F, Hwang S-F, Fu H, Zhou Q, Strelkov S, et al. (2015): Morphological characterization of fungi associated with the ascochyta blight complex and pathogenic variability of *Mycosphaerella pinodes* on field pea crops in central Alberta. *The Crop Journal* 3 (1):10-8.
- Desalegn G, Turetschek R, Kaul H-P, Wienkoop S. (2016): Microbial symbionts affect *Pisum sativum* proteome and metabolome under *Didymella pinodes* infection. *Journal of Proteomics* 143: 173-187.
- Rojas CM, Senthil-Kumar M, Tzin V, Mysore KS (2014): Regulation of primary plant metabolism during plant-pathogen interactions and its contribution to plant defense. *Front Plant Science* 5 (17): 1-12.

Effect of water stress on above-ground and below-ground biomass of eight legume species

Heba Elsalahy, Gregor Grom, Frank Ellmer und Thomas F. Döring¹

¹Fachgebiet 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

Green manures (cover crops) have multiple benefits in agricultural rotations (Döring et al. 2013, Storkey et al. 2015). Leguminous green manures play a particularly important role in this respect because of their ability to fix nitrogen. The choice of green manure species depends on prevalent environmental conditions. In the context of water availability, however, choosing the most suitable legume species for cover cropping can be difficult because of uncertainties about actual levels of water availability in the field and about genotype x environment interactions.

In this study we asked (1) which of eight legume species is most tolerant to water scarcity; and (2) whether differences among species would be consistent when using different cultivars.

Material and Methods

A pot experiment was conducted under controlled conditions in a greenhouse to compare the effect of water availability on the growth, development and above-ground and below ground biomass of eight leguminous species, namely pea (*Pisum sativum*), lucerne (*Medicago sativa*), black medic, (*M. lupulina*), crimson clover (*Trifolium incarnatum*), Alsike clover (*T. hybridum*), white clover (*T. repens*), blue lupin (*Lupinus angustifolius*) and hairy vetch (*Vicia villosa*). Each species was tested with two cultivars and three replicates.

Five irrigation levels were compared, with full irrigation (100%) to maintain water holding capacity (WHC) of the sandy soil, and reduced irrigation at 87%, 75%, 62% and 50% of WHC.

Measurements included above-ground parameters (shoot dry weight per pot and per plant (g), plant height (cm)), and below-ground parameters (root dry weight per pot and per plant (g) and root length (cm)). A cluster analysis was conducted using Ward's method based on four measured parameters (shoot dry weight/plant, shoot height, root dry weight/plant, root length).

Results and Discussion

Above-ground growth was more strongly reduced by lack of water than belowground growth. The fact that the above-ground plant parts were more affected by water shortage than the underground growth might reflect compensatory strategies adopted by the plant in response to water shortage. In addition, we observed a strong correlation between thousand grain weight and above ground biomass, with the notable exception of the two lupin genotypes which had lower than expected biomass (data not shown).

Blue lupin was among the species that were least affected by water shortage. The two pea cultivars showed the highest biomass, irrespective of the irrigation level. Significant genotype x irrigation effects were observed. Individual parameters

responded differently between cultivars of the same species. However, a cluster analysis on the data revealed a strong similarity of cultivars within species in terms of their response to water availability (Fig. 1). In particular, with the exception of hairy vetch highest similarity was observed among cultivars of the same species, with differences between species always being stronger.

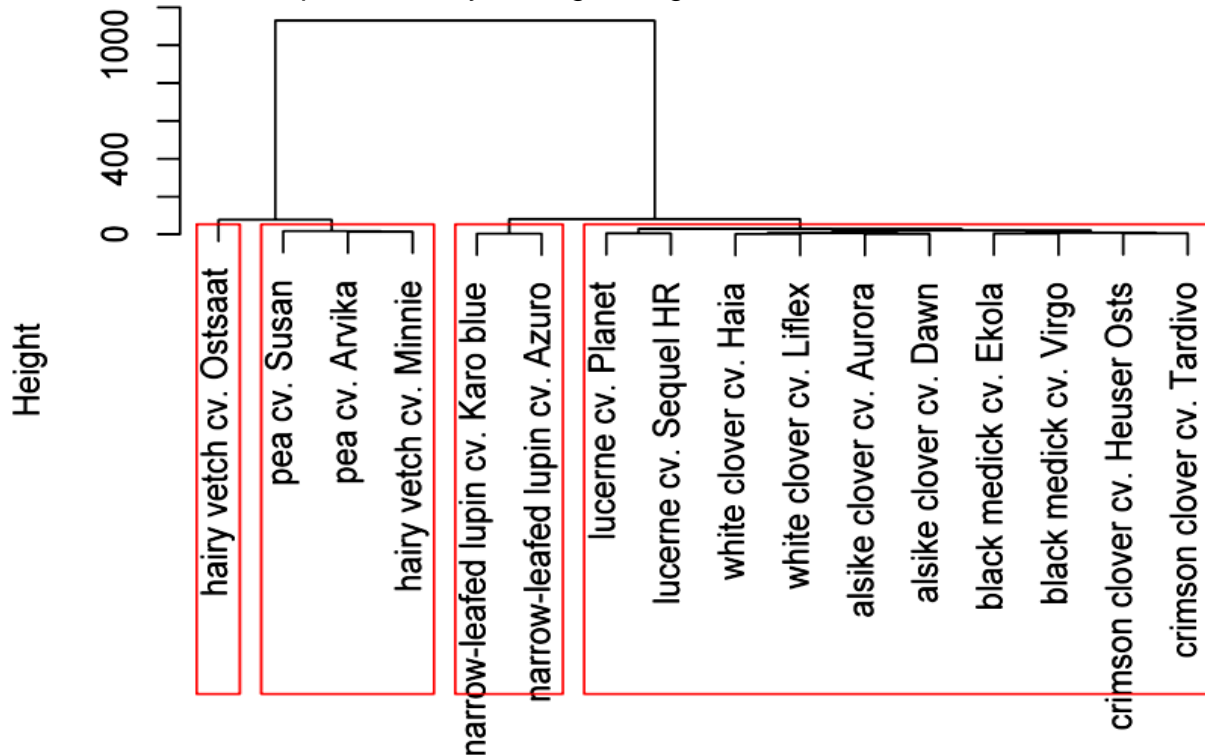


Fig. 1: Results of the cluster analysis (Ward's method) based on four measured parameters (shoot dry weight/plant, shoot height, root dry weight/plant, root length) in 16 legume genotypes of 8 species, tested in five irrigation levels in the greenhouse.

The main result of this study is the strong functional similarity between cultivars within species in terms of their response to water shortage. This means that information about different legume species is consistent across cultivars. Although it is unlikely that this conclusion will be valid if a substantially larger number of cultivars will be tested, our research shows that optimising legume choice for high performance under conditions of reduced water availability may prioritize species selection over cultivar selection.

Acknowledgements

This research is supported by Yousef Jameel Scholarship Fund at Humboldt-Universität zu Berlin. We thank the greenhouse staff 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.

Wirkung abgestufter Kalkdüngung auf Wachstum und Entwicklung von Ackerbohnen, Linsen, Erbsen und Sojabohnen

Nils Dietrich¹, Minh N. Strathausen-Bui¹, Bernd Horneburg² und Thomas F. Döring¹

¹ Fachgebiet Acker- und Pflanzenbau, Lebenswissenschaftliche Fakultät, Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin-Dahlem;

² Fachgruppe Genetische Ressourcen und Ökologische Pflanzenzüchtung, Georg-August-Universität Göttingen, Von-Siebold-Str. 8, D-37075 Göttingen. E-Mail: thomas.doering@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Körnerleguminosen erfüllen wichtige Funktionen in Fruchtfolgen, insbesondere hinsichtlich der Stickstoffversorgung im ökologischen Landbau; daneben hat im Zuge der jüngsten GAP-Reform in den jüngster Zeit auch für die konventionelle Landwirtschaft die Attraktivität von Körnerleguminosen wieder zugenommen.

Für eine geeignete Auswahl standortangepasster Arten und Sorten von Körnerleguminosen ist es in der Praxis wichtig, deren spezifische Reaktionen auf die vorhandenen Bodenbedingungen zu kennen. Bislang liegen zur Reaktion von Körnerleguminosen auf den pH-Wert des Bodens und die Wirkung von Kalkdüngung nur wenige vergleichende Untersuchungen vor. Zudem sind die in der Praxisliteratur gegebenen Empfehlungen zu den pH-Optima unterschiedlicher Körnerleguminosenarten oft variabel und uneinheitlich (Döring 2014). Daher sollte in einem Gefäßversuch für vier wichtige Körnerleguminosenarten erarbeitet werden, wie unter bodensauren Ausgangsbedingungen eine abgestufte Kalkdüngung auf die Pflanzenentwicklung und das Pflanzenwachstum wirkt.

Material und Methoden

Der Gefäßversuch wurde im Juni und Juli 2015 in einem Gewächshaus mit offenen Seitenwänden am Standort Berlin-Dahlem durchgeführt. Schwach schluffiger Sandboden (pH 5,6) der Lehr- und Versuchsstation der Humboldt-Universität zu Berlin vom Standort Thyrow diente als Ausgangssubstrat. Je Topf (Netto-Füllvolumen: 2,7 l; Füllhöhe: 16,5 cm) wurden 4 kg des Bodens (1,1% Feuchte) mit abgestuften Mengen an reinstem CaCO₃ (0, 1, 2, 4, und 8 g je Topf) gründlich vermischt. Dadurch wurde eine Differenzierung des Substrat-pH-Wertes zwischen minimal 5,6 und maximal 6,6 erreicht. Vier Körnerleguminosenarten mit jeweils zwei Sorten wurden untersucht: Ackerbohne (*Vicia faba* L.): ‚Bioro‘ und ‚Fuego‘; Erbse (*Pisum sativum* L.): ‚Alvesta‘ und ‚Dolores‘; Sojabohne (*Glycine max* (L.) Merr.): ‚Funke‘ und ‚Merlin‘ und Linse (*Lens culinaris* Medik.): ‚Pisarecka Perla‘ und ‚Schwarze Linse‘. Das Versuchsdesign war eine randomisierte Blockanlage mit fünf Wiederholungen. Drei Pflanzen wurden je Topf gesät. Die Saattiefe betrug 4 cm für Ackerbohne, 3 cm für Erbse und Sojabohnen, sowie 2 cm für Linse. Nach der Saat am 9. 6. 2015 wurden die Gefäße regelmäßig mit demineralisiertem Wasser gegossen, wobei alle Töpfe die gleiche Menge erhielten (durchschn. 102 ml Tag⁻¹). Über 7 Wochen wurden Pflanzenwachstum und -entwicklung erfasst sowie abschließend die oberirdische Biomasse. Um Ungleichmäßigkeiten in der Keimung, v.a. bei der Sojabohne auszugleichen, wurde Ende Juni bei allen vier Arten auf 2 Pflanzen pro Topf vereinzelt. Die statistische Auswertung erfolgte mittels ANOVA im Programm R v 3.0.

Ergebnisse und Diskussion

Wurden die vier Arten separat betrachtet, gab es bei keiner Art signifikante Effekte der Kalkung auf die Keimung, die Pflanzenlänge (PL) oder die oberirdische Trockenmasse (TM); einzige Ausnahme war der Parameter PL an einem der Untersuchungstermine bei der Linse. Des Weiteren waren bei dieser Analyse hinsichtlich PL und TM bei keiner der vier Arten signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorte und Kalkstufe festzustellen. Demgegenüber traten signifikante Hauptwirkungen des Faktors Sorte innerhalb der Arten häufig auf, so z.B. hinsichtlich TM bei Erbse und Ackerbohne (vgl. Abb. 1).

Wurden die vier Arten gemeinsam ausgewertet, so konnte ein übergreifender signifikanter Kalkeinfluss auf die Trockenmasse festgestellt werden. Die Stufen 2 und 4 g je Topf (entsprechend pH 6,1 und 6,4) wiesen höhere Trockenmassen auf als die ungekalkte Kontrolle (pH 5,6). Auch bei dieser Analyse konnten jedoch bei keinem Parameter signifikante Wechselwirkungen zwischen Art und Kalkung oder zwischen Sorte und Kalkung gefunden werden. Trotz des Fehlens signifikanter Wechselwirkungen zwischen Genotyp und Kalkung in diesem Versuch deuten die in Abb. 1 dargestellten Ergebnisse darauf hin, dass bei größerem Stichprobenumfang sortenspezifische Reaktionen auf die Kalkung nicht auszuschließen sind.

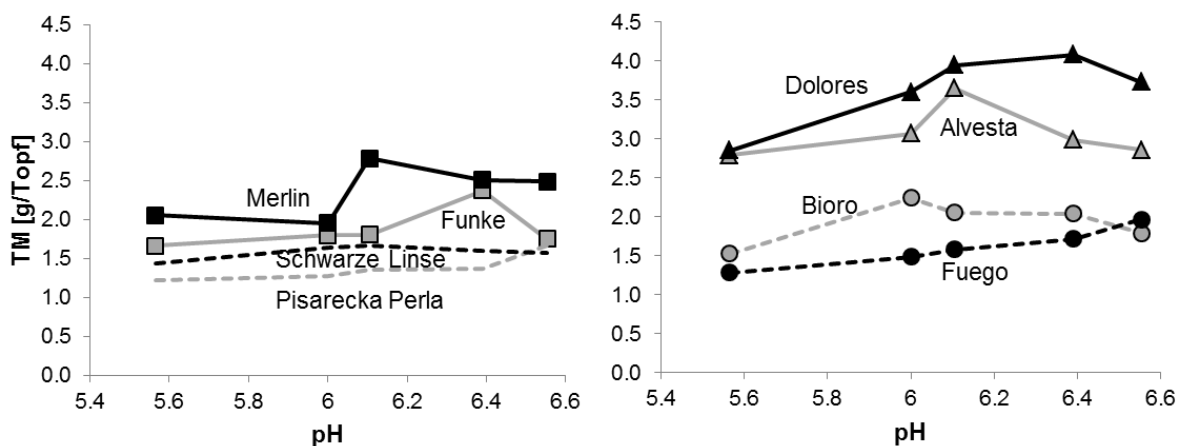


Abb. 1: Mittelwerte der Sprosstrockenmasse je Gefäß für Sojabohnen (Quadrate) Linsen (ohne Symbole), Erbsen (Dreiecke) und Ackerbohnen (Kreise).

Die Ergebnisse zeigen, dass eine moderate Kalkung und die einhergehende Anhebung des pH-Wertes über 6,0 zu einer Verbesserung des Wachstums von Körnerleguminosen führen kann. Weitere Untersuchungen, insbesondere im Feld und mit Erhebung der Kornerträge sind notwendig, um Unterschiede zwischen Arten und Sorten hinsichtlich ihrer Reaktion auf Kalkung zu überprüfen.

Literatur

Döring TF. 2014 Bodenansprüche und Anbauempfehlungen von Körnerleguminosen: Wie konsistent sind Informationen aus der Fachliteratur? Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 26: 226-227.

Soja und Leindotter – Mischfruchtanbau mit Erfolg?

Peter Froschhammer^{1,2}, Hannes Schulz¹ und Jürgen Heß¹

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

² Naturland-Hof Froschhammer, Stadtberg 1, 93107 Thalmassing.

E-Mail: naturlandhof-froschhammer@t-online.de

Einleitung und Zielsetzung

Durch die langsame Jugendentwicklung neigt Soja zu starker Verbeikrautung. Dies schreckt Betriebe, die über keine geeignete Hacktechnik verfügen, vom Anbau ab. Leindotter (folgend: LD) kompensiert durch die schnelle Bedeckung des Bodens mit einer Blattrosette diese Schwachstelle der langsamen Jugendentwicklung der Bohne. Ziel des Beitrags ist es darzustellen, inwieweit sich LD eignet, den Beikrautbesatz durch Variation des Aussaatzeitpunktes im Gemenge zu senken sowie den Ertrag von LD und Soja zu beeinflussen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung am 15.5.2014 mit einer Saatstärke von 70 kf. Sojakörnern/m² (Sorte: Merlin, Impfung: NPPL HiStick) und einem Reihenabstand von 12 cm auf den Flächen der Staatsdomäne Frankenhausen (folgend DFH; 224 m ü. NN; \varnothing 572 mm; \varnothing 9,3 °C) in Drillsaat ausgebracht. Die LD-Aussaat (Sorte: Calena) erfolgte durch ein auf den Treffler-Striegel aufgebautes Sägerät mit einer Saatstärke von 360 kf. Körner/m² zu den BBCH-Stadien „00“, „07-08“ und „12-13“ der Sojabohne in Breitsaat. Die Beikrautregulierung wurde ausschließlich mit dem Striegel durchgeführt. Parallel wurde auf einem Betrieb im oberpfälzischem Thalmassing (370 m ü. NN; \varnothing 586 mm; \varnothing 8,8 °C) ein Praxisschlag beprobt. LD wurde im BBCH Stadium 12-13 der Bohne eingesät. Da LD auf dem Schlag mit dem Schneckenkornstreuer nicht schlüssig ausgebracht werden konnte, bestand die Möglichkeit, sowohl Proben mit als auch ohne LD-Einsaat zu gewinnen. Insgesamt wurden auf dem 3,4 Hektar großen Schlag 18 Quadratmeterschnitte geerntet, welche zufällig ausgewählt wurden. Einzige Vorgabe bei der Probennahme war, 50 % der Proben ohne LD zu schneiden.

Ergebnisse und Diskussion

Die Einsaat von LD nach dem Auflaufen von Soja beeinflusste die Pflanzendichte von Soja nicht (Abb. 1). In der Variante LD zur Sojaaussaat kam es zu einem signifikanten Rückgang der Sojapflanzen, aufgrund eines früheren und stärkeren Konkurrenzdrucks sowie den bekannten allelopathischen Effekten von LD. Sobald die LD Aussaat nach Auflaufen der Sojabohnen erfolgt, wird die Bestandesdichte von LD signifikant verringert. Die Bestandesdichte von Soja steigt mit späterer LD Aussaat.

Damit wird ersichtlich, dass ein geringer Vegetationsvorsprung von Soja ausreicht, um sich besser gegenüber dem Mischungspartner

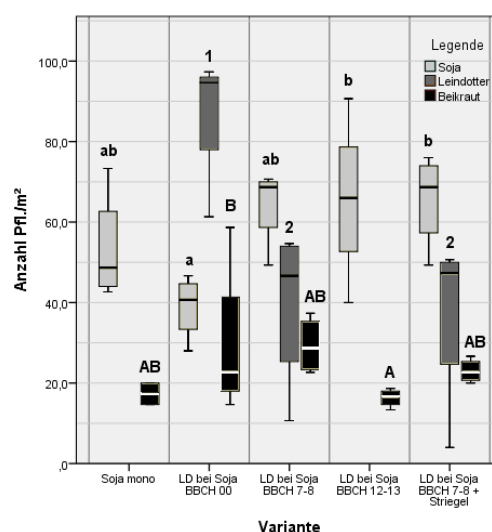


Abb. 1: Fraktionierte Anzahl der Pflanzen am 22.07.2014 am Standort DFH

behaupten zu können. Aufgrund des sehr hohen Beikrautdruckes mit *Cirsium arvense* und *Chenopodium album*, welche mit dem Striegel nicht bzw. sehr schwer zu regulieren sind, kann keine eindeutige Aussage zur Vorteilhaftigkeit vermehrter Striegelgänge in Bezug auf die Beikrautindividuidichte getroffen werden. Man kann beobachten, dass in der Variante mit der geringsten Bearbeitungsintensität (LD zu Sojasaat) die größte Beikrautindividuidichte festzustellen war. Aufgrund der Wetterbedingungen konnte in der DFH keine aussagekräftige Ernte der Mischung vorgenommen werden.

Abbildung 2 bezieht sich somit nur auf den bayerischen Standort. Die Mischung folgt den bekannten Mechanismen des Mischfruchtanbaus. Mit zunehmender Anzahl von Sojapflanzen/m² steigt der Sojaertrag, der LD-Ertrag jedoch sinkt. Im Bereich 35 – 40 Sojapflanzen/m² ist ein Substitutionseffekt zugunsten des Sojaertrages festzustellen. Unter der Voraussetzung, dass vorrangig Soja produziert werden soll, ist demnach eine Bestandesdichte des Sojas von mind. 35 – 40 Pflanzen/m² anzustreben.

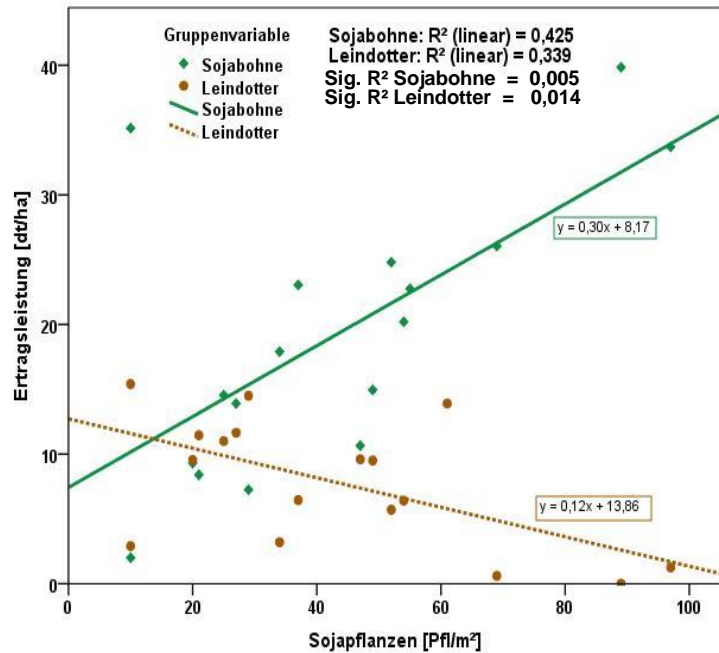


Abb. 2: Einfluss der Sojapflanzendichte auf die Ertragsleistung von Soja und Leindotter am Standort in Bayern

Die Mediane der Erträge des bayerischen Standortes betragen 19,7 dt/ha (Soja) sowie 10,4 dt/ha (LD). Setzt man diese Erträge zu den Erträgen aus dem Reinanbau (LD: 20 dt/ha [1]; Soja 23 dt/ha [2]) in ein Verhältnis zueinander, ergibt sich die Effektivität der Mischkultur gegenüber der Reinkulturen (Land equivalent ratio) [3]. Mit den vorliegenden Erträgen konnten gegenüber dem Reinanbau beider Kulturen 40 % der Fläche eingespart werden. Die Mischkultur war am bayerischen Standort gut druschfähig. Bei der Wahl der LD-Sorte sollte unbedingt auf eine spät abreifende, kurzstrohige Sorte geachtet werden, da andere Sorten der Bohne mehr Lichtkonkurrenz bereiten und auch länger in reifem Zustand auf dem Acker stehen, was die Gefahr des Ausfallens und Zusammenbrechen des Ölpflanzenbestandes stark erhöht. Um die Speisequalität des LD zu erhalten, muss das Gemisch nach der Ernte möglichst zügig getrennt und getrocknet werden. Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Mischfruchtanbau von Soja und Leindotter möglich ist. Um positive Effekte bestätigen zu können sind jedoch zukünftig weitere Untersuchungen notwendig.

Literatur

- [1] KÖRBER-GROHNE, U. (1994). Nutzpflanzen in Deutschland. Kulturgeschichte und Biologie. 3. Unveränderte Auflage. Stuttgart. K.Theiss
- [2] SOJANETZWERK. (2015). Mündliche Mitteilung: Mittel der bayerischen Erträge 2014
- [3] nach SPITTERS, C.J.T. (1983). An alternative approach to the analysis of mixed cropping experiments. In: Netherlands Journal of agricultural science (31). S. 143-153

Quantifizierung der C und N Rhizodeposition von Erbsen im Freiland

Anke Hupe¹, Hannes Schulz¹, Rainer Georg Joergensen², Jürgen Heß¹ und Florian Wichern³

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

Methoden zur Quantifizierung der Rhizodeposition sind durch ihre Komplexität nur bedingt für einen Einsatz im Freiland geeignet. Untersuchungen finden daher bisher nur in Gefäßversuchen bzw. in räumlich eingegrenzten Mikroplots statt. Für möglichst realistische Schätzungen der Rhizodeposition und der Stoffflüsse im Feld ist es jedoch zwingend erforderlich Versuche unter praxisüblichen Bedingungen ohne direkte Einflüsse auf die Entwicklung des Wurzelsystems und des Wasser- und Nährstoffhaushalts durchzuführen. Die hier vorgestellte Arbeit quantifiziert die C und N Rhizodeposition von Erbsen (*Pisum sativum* L.) unter Feldbedingungen ohne spezifische Wurzelraumbegrenzung.

Material und Methoden

Die Sommererbsensorte Santana wurde auf dem Versuchsfeld der Universität Kassel in praxisüblicher Aussaatstärke kultiviert und ab BBCH 13 durch die Dochtmethode mit einer 2 %igen ¹³C-Glucose und 0,5%igen ¹⁵N-Harnstofflösung kontinuierlich markiert (Russel & Fillery, 1996; Wichern et al., 2007). Die Probenahme erfolgte an vier Terminen in Abhängigkeit von der Pflanzenentwicklung (beginnend mit BBCH 59: beginnende Blüte). Bodenproben wurden in drei Tiefen bis 90 cm entnommen. Die Beprobung des Bodens erfolgte stets in drei definierten Sektoren der Mikroplots (auf der Pflanze; zwischen zwei Pflanzen in der Reihe; zwischen zwei Reihen). Um die Wurzelmasse einer Erbsenpflanze vollständig berechnen zu können und Überschätzungen auszuschließen, erfolgte eine gewichtete Verrechnung (Anthes, 2005) der drei Sektoren (in 0-30 cm und 30-60 cm Tiefe). Die Menge der C und N Rhizodeposition wurde mit Hilfe einer Massenbilanz berechnet (Hupe et al., 2016a).

Ergebnisse und Diskussion

Durch die ¹³C-¹⁵N-Doppelmarkierung konnte eine hohe und kontinuierliche Anreicherung der Erbsen im Feld erzielt werden. Somit ist die Dochtmethode (trotz großem Aufwand) für eine Markierung von Pflanzen mit stabilen Isotopen im Freiland (ohne Einschränkung des Wurzelraums) zu empfehlen. Es ließ sich feststellen, dass sich die Menge der C und N Rhizodeposition zwischen der Blüte und der Reife der Erbsen nicht signifikant ändert (Tabelle 1). Ungefähr ein Drittel der Rhizodeposite wurde in die mikrobielle Biomasse sowie den extrahierbaren C bzw. mineralischen N pool des Bodens eingebaut. Somit bestehen ca. zwei Drittel der Rhizodeposition aus für Mikroorganismen schwer verfügbaren Bestandteilen wie beispielsweise Wurzelfragmenten (aus dem Wurzelabbau kommend).

Beim Vergleich dieser Ergebnisse mit einem Gefäßversuch, welcher mit der selben Methode und dem selben Boden durchgeführt wurde (Hupe et al., 2016b), zeigte sich, dass das Wurzel–Spross–Verhältnis im Feld größer ist als im Gefäß, gleiches gilt für

das Rhizodeposition–Wurzel–Verhältnis. Die Rhizodeposition wird durch das uneingeschränkte Wurzelwachstum im Freiland und deren Umweltbedingungen beeinflusst. Sowohl die Menge der N als auch der C Rhizodeposition ist im Vergleich mit dem Gefäßversuch im Freiland mehr als doppelt so hoch. Somit sind Ergebnisse zur Bestimmung der Rhizodeposition aus Versuchen unter kontrollierten Bedingungen nicht ohne Weiteres auf das Freiland übertragbar.

Der Feldversuch zeigte, dass zum Zeitpunkt der Trockenreife (im BBCH 89) bei einer Aussaatstärke von 64 Pflanzen je m², von einem zusätzlichen Stickstoffeintrag durch die Erbse in den Boden in Höhe von 17 kg/ha (Rhizodeposition N + Wurzel N) sowie einem zusätzlichen Kohlenstoffeintrag von 323 kg/ha (Rhizodeposition C + Wurzel C) ausgegangen werden kann.

Tab. 1: Die Menge der Stickstoff- und Kohlenstoffrhizodeposition je Erbse (in mg Pflanze⁻¹ ± Standardfehler) in Abhängigkeit zur Pflanzenentwicklung (beginnende Blüte, Ende der Blüte, Grünreife und Trockenreife) und Tiefe (bis 30, bis 60 und bis 90 cm Tiefe).

	NdfR (mg Pflanze ⁻¹)				CdfR (mg Pflanze ⁻¹)			
	Gesamt	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm	Gesamt	0-30 cm	30-60 cm	60-90 cm
BBCH 59	35 ± 7	16 ± 5	8 ± 2	12 ± 4	588 ± 147	259 ± 81	119 ± 19	210 ± 129
BBCH 69	20 ± 3	15 ± 3	4 ± 2	2 ± 1	879 ± 414	212 ± 63	212 ± 94	455 ± 415
BBCH 79	27 ± 6	9 ± 3	11 ± 3	7 ± 3	426 ± 116	154 ± 41	178 ± 53	94 ± 48
BBCH 89	27 ± 5	9 ± 1	2 ± 1	16 ± 5	499 ± 147	104 ± 12	48 ± 20	347 ± 138

(NdfR/CdfR= N bzw. C derived from Rhizodeposition)

Literatur

- Anthes J. (2005). Beitrag von Ackerbohne (*Vicia faba* L.), Luzerne (*Medicago sativa* L.) und Saatwicke (*Vicia sativa* L.) zur Selbstregelung der N-Zufuhr in leguminosenbasierten Fruchtfolgen. Dissertation. University of Goettingen, Goettingen, Germany
- Hupe A., Schulz H., Bruns C., Joergensen R.G., Wichern F. (2016a). Digging in the dirt – Inadequacy of belowground plant biomass quantification. *Soil Biology and Biochemistry* 96: 137-144.
- Hupe A., Schulz H., Naether F., Bruns C., Haase T., Heß J., Joergensen R.G., Wichern, F. (2016b). Even flow? Changes of carbon and nitrogen release from pea roots over time. *Soil Biology and Biochemistry* (eingereicht).
- Russell C.A., Fillery I.R.P. (1996). In situ ¹⁵N labelling of lupin below-ground biomass. *Australian Journal of Agricultural Research* 47: 1035–1046.
- Wichern F., Mayer J., Joergensen R.G., Mueller T. (2007). Rhizodeposition of C and N in peas and oats after ¹³C-¹⁵N double labelling under field conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 39: 2527–2537.

Effekte von reduzierter Bodenbearbeitung und unterschiedlicher Herbizidstrategien auf Verunkrautung und Erträge im Sojaanbau

Benedikt Paeßens, Andreas Butz und Klaus Mastel

LTZ Augustenberg, Referat 11, Pflanzenbau, Rheinstetten; E-Mail: *benedikt.paessens@ltz.bwl.de*

Einleitung

Reduzierte Bodenbearbeitung ist eine Möglichkeit die Erosion zu vermindern. Daneben könnte sie zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit beitragen und reduziert die Evaporation. Dem gegenüber steht der Anspruch von Sojabohnen auf eine schnelle Erwärmung des Bodens für eine zügige Entwicklung. Daher wird in einem Versuch auf einem erosionsgefährdeten Standort, auf dem Stifterhof in Östringen im Kraichgau, ein Versuch durchgeführt, mit dem verschiedene Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung auf Ihre Eignung für den Sojaanbau getestet werden. Weiterhin wird diskutiert, den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln, wie Herbiziden, zu reduzieren. Deshalb werden die Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung zusätzlich mit unterschiedlichen Herbizidstrategien geprüft.

Material und Methoden

Der Versuch wurde im Jahr 2015 angelegt und es wurden die folgenden Varianten getestet: (1) Direktsaat mit Abfuhr der Vorfrucht Grünroggen, (2) Direktsaat mit Walzung der Vorfrucht Grünroggen, (3) Strip-Till und (4) Mulchsaat jeweils mit Phacelia als Zwischenfrucht. Bei der Direktsaat wurde in einer Variante die Herbizidkombination (Spectrum, Sencor und Centium) angewendet und in der anderen kein Herbizid. Für die Mulchsaat- und die Strip-Till-Varianten wurde ebenfalls die oben genannte Herbizidkombination eingesetzt und vor der Saat entweder ein Totalherbizid (Glyphosat) oder keines verwendet. Vor der Mulchsaat erfolgte ein Bearbeitungsgang mit einer Scheibenegge, bei allen anderen Varianten gab es keine Bodenbearbeitung vor der Saat. Die Aussaat der Varianten (3) und (4) erfolgte am 23. April. Die Saat der Direktsaatvarianten war dann nach Beginn der Blüte des Grünroggens am 12. Mai. Der Grünroggen wird mit Hilfe einer Messerwalze zur Blüte gewalzt, damit der Grünroggen nicht wieder austreibt und sich nicht wieder aufrichtet. Neben verschiedenen Bonituren wurden auch der Bodenbedeckungsgrad mit Unkräutern an zwei Terminen und schließlich der Ertrag erhoben. Die statistische Auswertung erfolgte über ein gemischtes, hierarchisches Modell mit SAS proc mixed.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigt sich, dass die Verunkrautung Anfang Juli insgesamt niedriger ist als kurz vor der Ernte im September. Ausgeprägt ist sie bei den Varianten mit Grünroggen als Vorfrucht. Der komplette Verzicht auf den Einsatz von Herbiziden führt hier dazu, dass insbesondere die Variante mit Abfuhr (Nutzung) des Grünroggens eine sehr starke Verunkrautung zur Folge hatte (Abbildung 1). Bei den Mulchsaat- und Strip-Till-Varianten ergab sich, dass der Einsatz des Totalherbizides vor der Saat nur einen geringen Effekt auf die Verunkrautung hatte, der nicht signifikant ist. Auch bei den Erträgen (Abbildung 2) zeigte sich, dass es zwar einen leichten

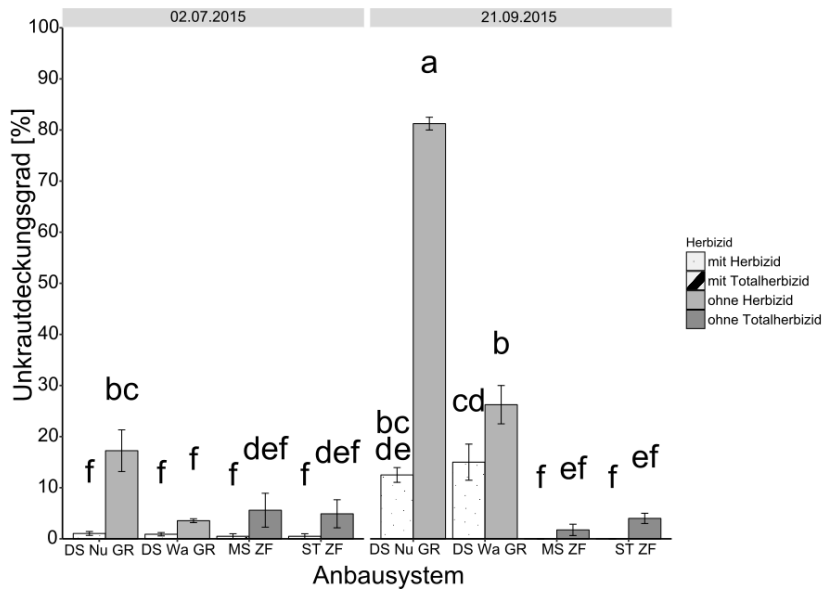


Abb. 1: Bodenbedeckungsgrad des Unkrauts in % der verschiedenen Varianten (Direktsaat mit Nutzung des Grünroggens (DS Nu GR), Direktsaat mit Walzung des Grünroggens (DS Wa GR), Mulchsaat mit Zwischenfrucht Phacelia (MS ZF) und Strip-Till mit Zwischenfrucht Phacelia (ST ZF)) und unterschiedlicher Herbizidstrategien (mit Herbizid: Spectrum, Sencor, Centium, mit Totalherbizid: Variante mit Herbizid plus Glyphosat, ohne Herbizid: kein Herbizid, ohne Totalherbizid: Variante mit Herbizid). Die schwarzen Balken geben den Standardfehler an und unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede (Tukey, $p < 0,05$).

Mehrertrag bei Verwendung eines Totalherbizides gab, dieser aber nicht signifikant war. Nach Betrachtung dieser einjährigen Ergebnisse kann der Einsatz eines Totalherbizides vor der Saat bei Mulchsaat und Strip-Till als überflüssig angesehen werden. Insgesamt lag das Ertragsniveau allerdings nicht sehr hoch, was auf die extreme Trockenheit im Sommer 2015 zurück zu führen ist. Bei den Direktsaatvarianten kombiniert sich dieser Effekt zusätzlich noch mit der im Vergleich zu den Mulchsaat- und Strip-Till-Varianten späteren Aussaat und dem vermehrten Wasserbedarf durch die Vorfrucht Grünroggen.

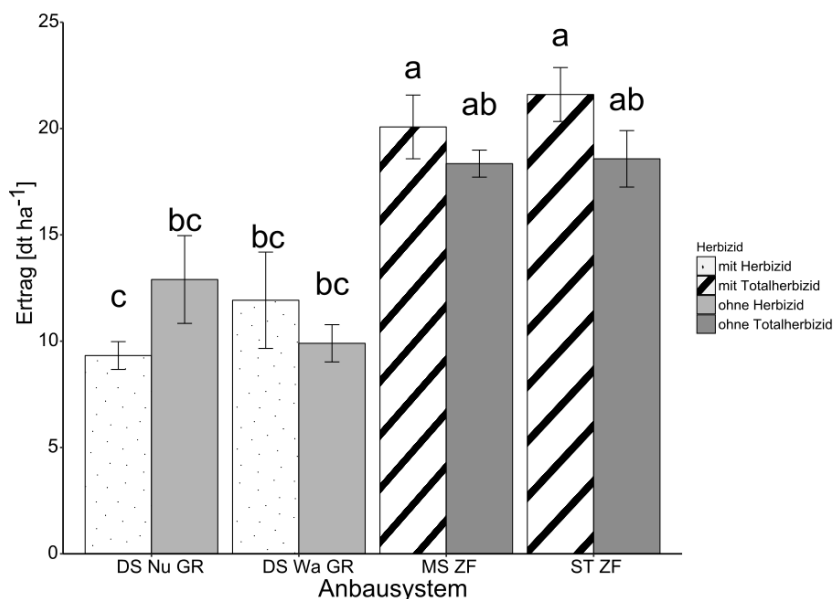


Abb. 2: Erträge der verschiedenen Varianten (weitere Anmerkungen siehe Abbildung 1)

Effects of herbicides and biofertilizer (*Bradyrhizobium japonicum*) on weed control and soybean yield

Yazdan Vaziritabar, Yavar Vaziritabar, Bernd Honermeier¹, Farzad Paknejad² and Javad Angaji³

¹ Justus-Liebig-University Giessen, Institute of Agronomy and Plant Breeding I, BFS (Biomedical Research Centre Seltersberg), Schubertstr. 81, D-35392 Giessen, Germany.

² Department of Agronomy, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.

³ Department of Agronomy, Science and Research Branch of Tehran, Islamic Azad University, Tehran, Iran. E-Mail: yazdan.vaziritabar@agr.uni-giessen.de

Introduction

Soybean (*Glycine max.* (L.) Merr.) is cultivated in Iran on around 70.000 ha reaching grain yields of about 2.4 t/ha. Because of low competition capacity during the juvenile development stage soybean plant stand can be characterized as sensitive to weed infestation. Weeds compete for water and nutrient uptake that may inhibit the growth and development of the soybean crop. That may modify the soybean canopy like plant height and number of sub branches and finally reduce the grain yields. Two of the most important weeds on soybean fields in Iran are *Xanthium strumarium* L. and *Datura stramonium* L. which can decrease soybean yield by around 70%. Beside weed control the N₂ fixation is crucial for soybean growth and development as well.

The aim of this research was to investigate the interaction of selected herbicides used in soybean in Iran and bio-fertilizer (*Bradyrhizobium japonicum*) on weed control and grain yield in soybean plant stand.

Material and method

The field experiment was conducted in 2012 as randomized complete block design (RCBD) arrangement on fields of the research station belonging to the Faculty of Agriculture of the Islamic Azad University in Karaj, Iran. The station (50°57'E, 35°34'N, altitude 1261 m) is characterized by an annual mean air temperature of 16.2°C and mean precipitation of 260 mm per year for the past 30 years. Two factors (1) the application of bio-fertilizer (with and without) and (2) application of herbicides including control (weedy check) were arranged as main treatment. The herbicides as sub-treatments consisted of trifluralin, ethalfluralin, metribuzine, oxyflorfen, bentazon, and aciflourfen+bentazon. Weed density and biomass were determined by using quadrates 0.5 m² in two points of each plot randomly, which declares total weeds of the plot.

Results and discussion

The weed species *Xanthium strumarium* and *Datura stramonium* have been identified as the most frequently weeds observed in control plots of the field experiment (fig 1). All applied herbicides except metribuzine significantly reduced the biomass of those weeds (*Xanthium strumarium* and *Datura stramonium*) compared to the control. Bentazon (91.1%) and aciflourfen plus bentazon (99.2%) led to strong and significant reduction of the weed biomass (fig. 1).

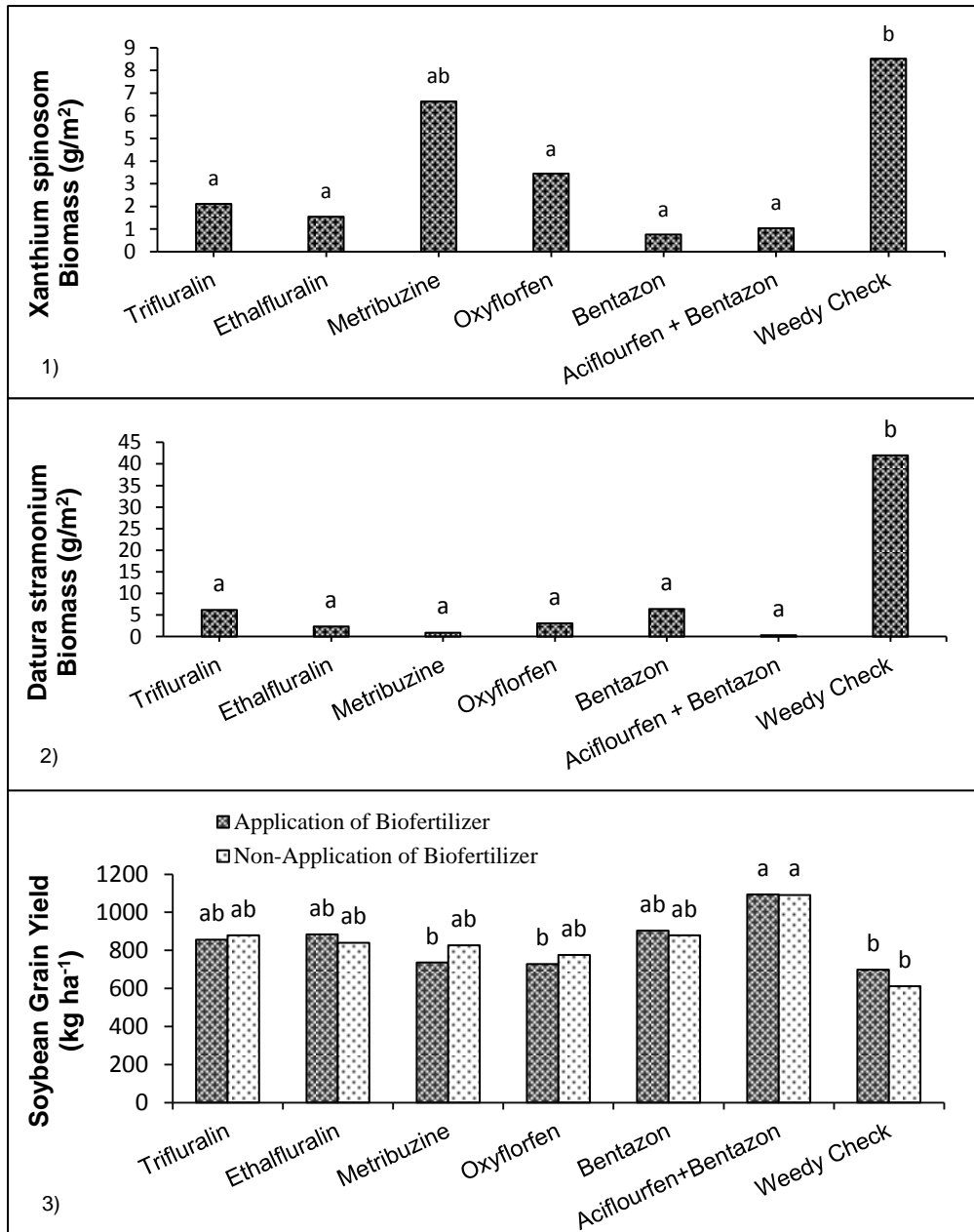


Fig. 1: Effect of different herbicides and bio-fertilizer on weed control and grain yield in soybean in a field experiment, Karaj 2012 (Iran)

Caused by effective weed control the herbicides aciflourfen plus bentazon led to highest grain yield of soybean with significant difference to the control (fig. 1). Conversely, metribuzine and oxyflorfen had a limited effect caused by weak control of *Xanthium spinosum*. The used bio-fertilizer *Bradyrhizobium japonicum* had no clear influence on the soybean plant stand and grain yield.

The current data confirm the importance of the use of suitable and selective herbicides in cultivation of soybean plants to protect them against weed infestation. In the present study no advantage of bio-fertilizer regarding soybean growth could be found. It is suggested that the population of naturally occurring soil rhizobia is sufficient for necessary symbiosis with soybean host crop.

Zeitliche Entwicklung der Segetalflora in einem Langzeitversuch in Abhängigkeit unterschiedlicher Bewirtschaftungshistorie

Sören Schultz, Sebastian Roye, Anne Schmidt, Kathlin Schweitzer,
Michael Baumecker, Frank Ellmer und Thomas 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

Einleitung

Die Segetalflora stellt eine bedeutende Komponente der Agrarbioidiversität dar, die sowohl durch Nutzungsintensivierung als auch durch Nutzungsaufgabe gefährdet ist; in den letzten Jahrzehnten weisen etliche Segetalarten stark rückläufige Tendenzen auf (z.B. Meyer et al. 2014). Obwohl bereits Erkenntnisse über die Dynamik der Segetalflora bei unterschiedlicher Nachnutzung ehemaliger Ackerflächen vorliegen (Dölle & Schmidt 2009), stellt sich die Frage, in welcher Weise die Sukzession modifizierenden Wirkungen von unterschiedlichen, durch die *ehemalige* Ackernutzung geprägten Bodenbedingungen unterliegt. Zur Klärung dieser Fragestellung wurden Untersuchungen zur Dynamik der Flora im Dauerfeldversuch „Statischer Versuch Bodennutzung“ (Anlagejahr 1923) am Standort Berlin-Dahlem durchgeführt (Döring et al. 2015). In diesem Versuch wurde in 2014 ein Grasbestand etabliert und im weiteren auf Bodenbearbeitung und Düngung verzichtet. In diesem Beitrag beschreiben wir die Entwicklung der Vegetation in den Jahren 2014 bis 2016.

Material und Methoden

Der Versuchsstandort repräsentiert einen für die Region Berlin-Brandenburg typischen diluvialen Ackerstandort. Der Dauerfeldversuch „Statischer Versuch Bodennutzung“ prüft die Langzeitwirkung von fünf Faktoren, nämlich Pflugtiefe (tief vs. flach), Kalkdüngung (mit vs. ohne), Phosphordüngung (mit vs. ohne) und Stallmistdüngung (mit vs. ohne) jeweils in zwei unterschiedlichen Fruchtfolgen (Fruchtwechsel vs. Getreidefolge). Nach 90 Versuchsjahren wurde der Versuch geteilt und im Frühjahr 2014 auf drei der sechs Versuchsblöcke eine Mischung aus Deutschem Weidelgras (*Lolium perenne*) und Rotschwingel (*Festuca rubra*) etabliert. Aus den fünf Versuchsfaktoren mit 32 Prüfgliedern und den drei Feldwiederholungen ergeben sich insgesamt 96 Parzellen. Im Gegensatz zur bisherigen Behandlung erhält der Grasbestand keine Düngung und keine Kalkung. Die jährlich ein bis zweimal gemulchte Biomasse verbleibt auf den Parzellen. Zu je zwei Terminen in den Jahren 2014, 2015 und 2016 wurde in allen ehemaligen Behandlungsparzellen die Vegetation aufgenommen. Die Aufnahmefläche betrug je Parzelle 3 x 4 m.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Folgejahr (2014) konnten 59 Pflanzenarten festgestellt werden, in 2015 wurden 41 Arten gefunden, in 2016 waren es 54 Arten. Der anfängliche Artenrückgang war vor allem auf einen starken Rückgang von Secalietea-Arten (z.B. *Apera spica-venti*) zurückzuführen. Eine Ausnahme bildete *Sclerantus annuus*. Dieser Säurezeiger konnte aufgrund der schwachen Konkurrenz in den ungekalkten Varianten seine Präsenz im zweiten Jahr halten. Die Artenzunahme in 2016 ist teils Folge neu hinzukommender Grünland-, Ruderal- und Baumarten. *Trifolium repens* und *Vicia angustifolia* steigerten ihre Bedeckung und Frequenz insbesondere in den

gekalkten Parzellen in den Jahren 2014 bis 2015. Ein positiver Nachwirkungseffekt der Stallmistdüngung auf die Artenzahlen, welcher noch in 2014 beobachtet wurde, war in 2015 und 2016 nicht mehr vorhanden (Abb. 1). Unter den Prüffaktoren wies in allen drei Untersuchungsjahren die Nachwirkung der Kalkdüngung, verbunden mit höheren pH-Werten den stärksten Effekt auf die Artenzahlen auf.

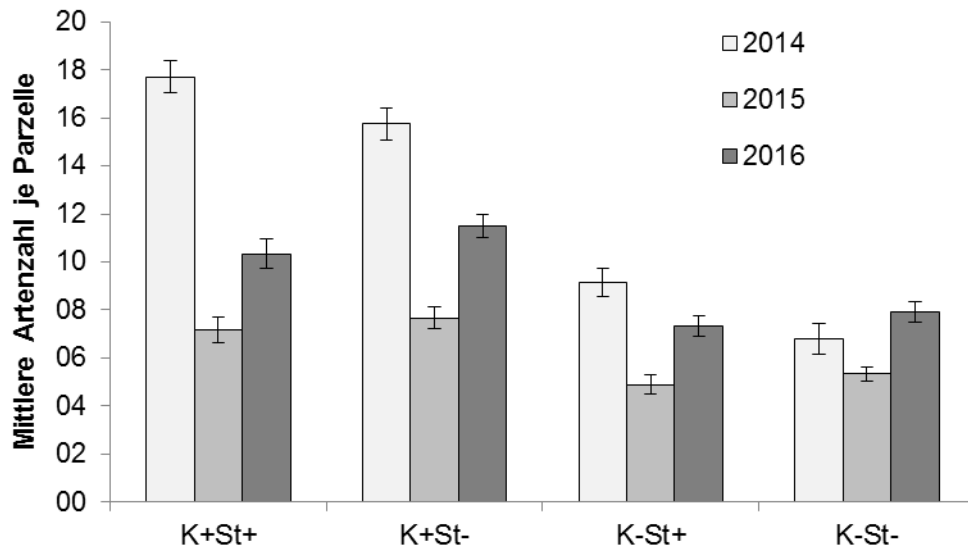


Abb. 1: Mittelwerte und Standardfehler der Artenzahlen je Parzelle in einem Grasbestand in den Jahren 2014 bis 2016, differenziert nach den Düngungsbehandlungen während der vorangegangenen Ackernutzung in den Jahren bis 2013: K+: mit Kalk; K-: ohne Kalk; St+: mit Stallmist; St-: ohne Stallmist.

Die Untersuchung zeigt, dass die Sukzession der Segetalflora hin zu Grünland- und Ruderalgesellschaften stark durch die unterschiedlichen Bewirtschaftungsbedingungen der ehemaligen Ackernutzung modifiziert wird.

Weitere Untersuchungen sind notwendig um zu klären, inwiefern die Vegetation zu einer Regenerierung der Bodenfruchtbarkeit in den langjährig ungedüngten Parzellen beitragen kann, insbesondere durch Leguminosen wie *T. repens*. Langfristig wird auch zu beobachten sein, ob bzw. wie stark die nun einsetzende Bodenversauerung fortschreitet.

Literatur

- Dölle M, Schmidt W 2009. The relationship between soil seed bank, above-ground vegetation and disturbance intensity on old-field successional permanent plots. *Applied Vegetation Science* 12: 415–428.
- Döring TF, Schweitzer K, Baumecker M, Ellmer The new life of an old field trial. *Aspects of Applied Biology* 128: 35–36.
- Meyer S, Wesche K, Krause B, Brütting C, Hensen I, Leuschner C. 2014. Diversitätsverluste und floristischer Wandel im Ackerland seit 1950. *Natur und Landschaft* 9/10:392–398.

Wirkungsprüfung verschiedener Siliermittel bei der Erzeugung von Mais-Stangenbohnsilagen

Frank Höppner¹, Jenny Fischer² und Herwart Böhm²

¹Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, 38116 Braunschweig; ²Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, 23847 Westerau. E-Mail: frank.hoepfner@julius-kuehn.de

Einleitung

Mais mit Bohne im Gemenge bietet sich in Mischkultursystemen in Form von Silagen als Futtergrundlage für die Protein- und Energieversorgung landwirtschaftlicher Nutztiere an oder kann auch in Biogasanlagen eingesetzt werden. Bisher gibt es wenige Erkenntnisse zur Siliereignung sowie bei der Verwendung von Siliermitteln. Zur Prüfung des Silierverlaufes und der Silagequalität wurden Mais-Bohnen-Mischsilagen erzeugt, bei denen verschiedene Siliermittel zum Einsatz kamen.

Material und Methoden

In Braunschweig wurde 2015 aus dem Anbau von Mais und Bohne Erntematerial zur Erzeugung von Mischsilagen mit der Bohnensorte Tarbais im Verhältnis 70% Mais und 30% Bohne im Vergleich zu reinem Mais verwendet. Ergänzend zu den unbehandelten Kontrollen wurden Varianten mit einem chemischen (Koafsil stabil) und zwei biologischen Siliermitteln (BioCool u. Bonsilage Twin MF (BS Twin)) angesetzt. Das chemische Siliermittel hat eine hohe Wirksamkeit gegen Hefen und Schimmel. Die biologischen Präparate enthalten als Wirkstoffe homo- und heterofermentative bzw. ausschließlich heterofermentative Milchsäurebakterien (MSB) verschiedener Stammzusammensetzung. Die Abwicklung erfolgte im Labormaßstab (1,5 l Gefäße, verdichtet, Silierung über mindestens 90 Tage sowie Zwischenentnahmen am 5. und 14. Tag). Darüber hinaus wurde untersucht, wie sich bei nicht ganz optimal verdichteten Silagen nach 49 Tagen Lagerdauer ein vorausgehender Luftstress (nach dem 28. u. 42. Tag, jeweils für 24 Stunden) auf die Silagequalität und aerobe Stabilität auswirken.

Ergebnisse und Diskussion

Das Erntegut von Mais und Mais-Bohnen-Gemenge erfüllte die Voraussetzungen für eine gute Gärfähigkeit. Die TS-Gehalte wiesen gewünschte Werte deutlich höher als 30% auf, der Quotient aus Zuckergehalt (Z) und Pufferkapazität (PK) sowie der Vergärbarkeitskoeffizient (VK) lagen über der Sollwertgrenze (Z/PK: ≥ 2 u. VK: ≥ 45 (Jänicke, 2011), Tab. 1). Lediglich der Keimbesatz von Hefen und Schimmel lag leicht über der Toleranzgrenze (Hefen: $< 1,0E+05$ bzw. Schimmel: $< 1,0E+04$ KbE/g FM), was auf eine Anfälligkeit für eine Nacherwärmung nach der Öffnung von Silagen hindeuten könnte, d.h. geringe aerobe Stabilität. Der Besatz an gewünschten Milchsäurebakterien (MSB) war im Erntegut schon sehr hoch. Durch Zugabe der biologischen Siliermittel wurde dieser noch um 0,5 Millionen gesteigert. Homofermentative MSB vergären den Zucker zu Milchsäure. Heterofermentative MSB bilden neben der Milchsäure auch Essigsäure, Alkohole und CO₂. Essigsäurebildner verbessern nach Öffnung von Silagen die aerobe Stabilität. Einer schnellen Nacherwärmung soll somit entgegen gewirkt werden, allerdings ist mit einer leichten Erhöhung von Gärverlusten zu rechnen.

Tab. 1: Kennwerte zur Silierfähigkeit des Ernteguts

Prüfglied	TS [%]	Z/PK	VK	Hefen [KbE/g FM]	Schimmel [KbE/g FM]	MSB [KbE/g FM]
Mais	36,7	2,4	56	1,4E+05	2,3E+03	1,2E+05
Gemenge						
Mais-Bohne	35,5	2,8	58	4,7E+05	4,3E+04	2,0E+05

KbE = Koloniebildende Einheiten

Die für eine Silierung gewünscht schnelle pH-Wert-Absenkung von um 4 liegend wurde bereits bei allen Prüfgliedern nach 5 Tagen erreicht (Tab. 2). Die durch den Silierprozess bedingten Trockenmasseverluste lagen nach der Entnahme von 49 Tagen Lagerdauer zwischen 3,6 und 5,0%. Wie erwartet erhöhten sich Verluste mit Zugabe der biologischen Siliermittel. Unter Luftstress stiegen die Verluste insgesamt noch weiter an. Bei den Silagen, die keinem Luftstress ausgesetzt waren, wurden die schädlichen Keime bei den Mais- als auch Gemengesilagen stark gesenkt. Eine aerobe Stabilität von mindestens 9 Tagen war gegeben und ist für den Vorschub ausreichend. Ein Siliermitteleinsatz ist dann nicht nötig. Sobald die Silagen nicht ausreichend verdichtet waren und Luft eindringen konnte, wurden die schädlichen Keime nicht unterdrückt und eine ausreichende aerobe Stabilität war somit nicht gegeben (Tab. 2). Die Silagen erwärmten sich innerhalb der ersten Tage nach ihrer Öffnung. Schädliche Keime breiteten sich schnell wieder aus und führten ebenfalls zu einem hohen Anstieg der Trockenmasseverluste. Hier konnte dann insbesondere eine Siliermittelwirkung bei den Gemengesilagen beobachtet werden. Mit Einsatz der biologischen Siliermittel lagen die Essigsäuregehalte hier im Gegensatz zu den Maissilagen etwas höher. Das chemische Siliermittel wirkte immer positiv, da es die schädlichen Keime gut unterdrückt hat. Nach 90 Tagen Lagerdauer waren alle Prüfglieder bei optimalen Siliereigenschaften und –bedingungen nach ihrer Öffnung von guter Qualität mit ausreichender aerober Stabilität.

Tab. 2: Silagequalität nach Öffnung der Silagen

Prüfglied	pH	Hefen	Schimmel	Gärverluste	Erwärmung	Hefen	Schimmel	Gärverluste	Erwärmung
		[KbE/g FM]	[KbE/g FM]	[% TM]	[Tage n. Öffnung]	[KbE/g FM]	[KbE/g FM]	[% TM]	[Tage n. Öffnung]
Mais	Tag 5	49 Tage Lagerdauer ohne Luftstress				49 Tage Lagerdauer mit Luftstress			
Kontrolle	4,1	<1,0E+03	<1,0E+03	3,6	keine	5,5E+06	9,0E+04	4,8	2
Kofasil	4,1	<1,0E+03	<1,0E+03	3,4	keine	<1,0E+03	<1,0E+03	4,0	keine
BioCool	4,1	<1,0E+03	<1,0E+03	4,1	keine	1,6E+06	<1,0E+03	4,8	3
BS Twin	4,1	<1,0E+03	<1,0E+03	4,3	keine	9,7E+05	<1,0E+03	4,7	4
Gemenge Mais-Bohne									
Kontrolle	4,2	<1,0E+03	<1,0E+03	3,7	keine	8,8E+05	2,0E+04	4,7	3
Kofasil	4,3	<1,0E+03	<1,0E+03	3,6	keine	<1,0E+03	<1,0E+03	4,2	keine
BioCool	4,2	<1,0E+03	<1,0E+03	4,4	keine	1,6E+04	<1,0E+03	4,2	keine
BS Twin	4,2	<1,0E+03	<1,0E+03	4,5	keine	2,8E+04	<1,0E+03	5,0	keine

kursiv gekennzeichnete Werte liegen über der Toleranzgrenze

Literatur

Jänicke, H., 2011: Grobfutter- und Substraterzeugung In: Praxishandbuch Futter- und Substratkonservierung, 8. Aufl., DLG, Frankfurt, 23-50.

Einfluss von Untersaaten auf die Deckfrucht Mais im Ökologischen Landbau

Rüdiger Jung¹ und Rolf Rauber

¹ Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften,
Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen. E-Mail: rjung@uni-goettingen.de

Einleitung

Im ökologischen Maisanbau können Untersaaten dazu beitragen, die häufig auftretende Mittel- und Spätverunkrautung effizient zu regulieren. In einem dreijährigen BÖLN-Forschungsprojekt (2011 bis 2013) wurden an zwei Standorten im südlichen Niedersachsen mehrere Arten auf ihre Untersaateignung geprüft. Das Unkrautunterdrückungsvermögen der meisten Untersaaten war positiv (JUNG & RAUBER 2012, 2013). Weiterhin wurde analysiert, welchen Einfluss die Untersaaten auf die Deckfrucht Mais ausübten. Ferner wurden die Mais-Kornerträge und die Stickstoff-Gehalte im Maiskorn ermittelt.

Material und Methoden

Die Feldversuche (Blockdesign, vier Wiederholungen) wurden an den Standorten Reinshof (Universität Göttingen) und Wiebrechtshausen (KWS Saat SE) in den Jahren 2011, 2012 und 2013 unter Bedingungen des Ökologischen Landbaus durchgeführt. Als Untersaaten im Körnermais wurden Winterroggen, Welsches Weidelgras, Erdklee und Wegwarte (Sorte Grasslands Puna) als Reinsaaten und Gemenge eingesetzt. Buchweizen wurde nur im Gemenge mit Winterroggen und Weidelgras geprüft. Die Düngung erfolgte vor der Mais-Aussaat mit organischen Betriebsmitteln (u.a. Haarmehlpellets, Hornspäne), um ein Gesamtdüngeniveau von etwa 180 kg N ha⁻¹ zu erreichen.

Die Mais-Aussaat (Ricardinio, Colisee; beide K 220) erfolgte Anfang Mai. Die Untersaaten wurden im Drillsaatverfahren (drei Reihen) Anfang oder Mitte Juni zwischen den Maisreihen (Abstand: 75 cm) ausgebracht. Die Unkrautregulation begann kurz nach der Mais-Aussaat praxisüblich durch Striegeln und Hacken. Als Kontrolle dienten Maisparzellen ohne Untersaaten, in denen das Unkraut von Juni bis Oktober zusätzlich manuell reguliert wurde. Mit dem Gerät SPAD-502 (Fa. Konica-Minolta) wurde die Differenz der Transmission von zwei Wellenlängen (650 und 940 nm) durch das Maisblatt monatlich gemessen. Der generierte dimensionslose SPAD-Wert ist mit der Blattgrünfärbung verknüpft. Der Mais-Kornertrag wurde mit einem Parzellenmähdrescher (Fa. Haldrup) und integrierter Restfeuchtemessung (NIRS) ermittelt. Die Stickstoff-Gehalte im reifen Maiskorn wurden mit einem CN-Analysegerät der Fa. Elementar bestimmt. Die Auswertung erfolgte mit einer dreifaktoriellen Varianzanalyse. Jahr und Ort waren zufällige Faktoren, die Untersaat (mit, ohne) war fester Faktor (Tab. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Die SPAD-Werte im September, der Mais-Kornertrag und die N-Gehalte der reifen Maiskörner zeigten einen signifikanten Jahreseffekt (Tab. 1). Der Grund hierfür kann in den unterschiedlichen Witterungsverläufen der Versuchsjahre liegen. Im Jahr 2013 verminderten hohe Niederschläge in der zweiten Maihälfte und Trockenheit zwischen Juni und August das Mais-Wachstum erheblich. In den Jahren 2011 und 2012 waren die Niederschlagsmengen an beiden Standorten zwischen Juni und August zumeist

höher als im langjährigen Mittel. In der Konsequenz ergaben sich mit dem Faktor Jahr zahlreiche Wechselwirkungen (Tab. 1). Bemerkenswert ist, dass Mais mit Untersaaten im Vergleich zur Kontrolle ohne Untersaat signifikant niedrigere SPAD-Werte und Korn-N-Gehalte zeigte, während sich der Mais-Kornertrag nicht signifikant unterschied (Tab. 1). Die Differenz bei den Kornerträgen zwischen Mais mit Untersaaten und der Kontrolle war in den ertragsstarken Jahren 2011 und 2012 weitaus geringer ($< 1 \text{ dt ha}^{-1}$) als im ertragsschwachen Jahr 2013 ($7,4 \text{ dt ha}^{-1}$).

Tab. 1: Arithmetische Mittelwerte der SPAD-Werte (Maisblatt im September), des Mais-Kornertrages (dt TM ha^{-1}) und der Stickstoff-Gehalte (% i.d.TS Maiskorn), differenziert nach Untersuchungsjahren und Standorten. Mit Untersaaten (mU): Mittel für Winterroggen, Weidelgras, Erdklee, Wegwarte und Buchweizen. Ohne Untersaaten (oU): Kontrolle mit regelmäßiger manueller Unkrautregulierung (Juni bis Oktober).

	SPAD		Mais-Kornertrag		N-Gehalt Maiskorn	
	(im September)		(dt TM ha ⁻¹)		(% N i.d. TS)	
	mU	oU	mU	oU	mU	oU
2011	55,1	57,2	137,6	138,5	1,33	1,42
2012	48,1	51,0	132,9	133,3	1,25	1,26
2013	47,1	53,4	68,6	76,0	1,21	1,33
Reinshof	50,0	53,2	109,4	114,2	1,25	1,31
Wiebrechtshausen	50,2	54,6	116,7	117,7	1,25	1,33
Jahr (J)	***		***		**	
Ort (O)	*		**		n.s.	
Untersaat (U)	***		n.s.		***	
J x O	***		*		***	
J x U	***		n.s.		*	
O x U	n.s.		n.s.		n.s.	
J x O x U	***		**		n.s.	

Zwischen den Standorten gab es vielfach nur geringe Unterschiede. Der Mais-Kornertrag war jedoch am Standort Wiebrechtshausen signifikant höher als am Standort Reinshof. Möglicherweise spielte die Wasserverfügbarkeit eine Rolle. In Wiebrechtshausen war die nutzbare Feldkapazität der lössreichen Parabraunböden fast immer höher als bei den lehmigen, vereinzelt tonreichen Auenböden am Standort Reinshof.

Zudem zeigten die SPAD-Werte im September und die N-Gehalte im reifen Maiskorn eine hohe Korrelation ($R^2 = 0,92$). Allerdings ist aus der Literatur bekannt, dass der SPAD-Wert und die Chlorophyll-Konzentration im Blatt nicht linear korreliert sind.

Fazit: Die Untersaaten beeinflussten den Mais besonders im ertragsschwachen Jahr 2013 negativ. Je besser die Wuchsbedingungen (Wasser, Stickstoff) für den Körnermais, desto geringer die Konkurrenz durch die Untersaaten.

Literatur

- Jung, R. & R. Rauber, 2012: Reduzierung der Verunkrautung durch Untersaaten in Ökomais. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 24, 264-265.
- Jung, R. & R. Rauber, 2013: Competition of interseeded cover crops and weeds in organic maize farming. 76. In: Becker, H., Schierholt, A., von Witzke-Ehbrecht, S., Hippe, S., Link, W. & H. Brandes: Breeding for Nutrient Efficiency. Joint Meeting of Eucarpia-Section Organic & Low-Input Agriculture and EU NUE-CROPS Project. Conference Booklet, Göttingen.

Nachbarschaftseffekte in Sortenversuchen mit nematodenresistenten, -toleranten und -anfälligen Zuckerrüben

Christine Kenter¹, Åsa Olsson², André Wauters³, Matthias Daub⁴, Erwin Ladewig¹ und Elma Raaijmakers⁵

¹ Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen; ² Nordic Beet Research, Bjärred, SE; ³ Institut Royal Belge pour l'Amélioration de la Betterave, Tienen, BE; ⁴ Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenschutz in Ackerbau und Grünland, Eldorf; ⁵ Instituut voor Rationele Suikerproductie, Bergen op Zoom, NL. E-Mail: kenter@ifz-goettingen.de

Einleitung

Der Rübenzystennematode *Heterodera schachtii* ist weltweit einer der bedeutendsten Schädlinge in Zuckerrüben. Für den Anbau stehen unterschiedliche Sortentypen zur Verfügung, die aufgrund ihrer Reaktion gegenüber *H. schachtii* als anfällig, tolerant oder resistent klassifiziert werden. Darüber hinaus weisen diese Sortentypen z. T. auch morphologische Unterschiede auf; so sind aktuell verfügbare resistente Sorten im Vergleich zu anfälligen und toleranten Sorten als blattarm bekannt. Eine unterschiedliche Ausprägung des Blattapparates von Zuckerrüben kann Nachbarschaftseffekte verursachen, die in Sortenversuchen zu einer Fehleinschätzung der Sortenleistung führen (Büchse 1999). Es ist jedoch nicht bekannt, ob Nachbarschaftseffekte auch durch sortenspezifische Vermehrungsraten bei *H. schachtii* verursacht werden können. Ziel der Untersuchungen war es daher, in Feldversuchen mit anfälligen, toleranten und resistenten Zuckerrübensorten a) durch Blatthöhe und/oder durch *H. schachtii* verursachte Nachbarschaftseffekte und b) den Einfluss der Versuchsanlage (Ernte von 2, 4 oder 6 Reihen aus sechsreihigen Parzellen oder von 3 Reihen aus dreireihigen Parzellen) auf die Sortenleistung zu quantifizieren.

Material und Methoden

In den Jahren 2013 und 2014 wurden an Standorten mit hohem Nematodenbesatz (1600-2300 Eier + Juvenile 100 mL⁻¹ Boden) in Belgien, Deutschland und Schweden Feldversuche mit je einer anfälligen, toleranten und resistenten Zuckerrübensorte durchgeführt. Die Versuche wurden als Blockanlagen in vier- (DE, SE) oder fünffacher Wiederholung (BE) mit sechsreihigen Parzellen (26-31 m²) angelegt. Die möglichen Sortenpaare anfällig/resistent, anfällig/tolerant und resistent/tolerant wurden innerhalb der Blöcke randomisiert. Die Rüben wurden reihenweise geerntet (je nach Standort maschinell oder von Hand), gewaschen und analysiert. Der Saccharosegehalt wurde polarimetrisch bestimmt (Venema Installation, Eemshaven, NL). Der Zuckerertrag (ZE) ergibt sich aus Rübenertrag in t ha⁻¹ multipliziert mit dem Saccharosegehalt in Prozent der Rübenfrischmasse. Er ist in Relation zu den beiden Kernreihen (Reihen 3+4) der sechsreihigen Parzellen dargestellt, die als unbeeinflusst durch die Nachbarparzellen gelten. Die statistische Verrechnung der Daten erfolgte mit Genstat 16 (VSN International Ltd., Hemel Hempstead, UK).

Ergebnisse und Diskussion

In allen Feldversuchen wurden signifikante Nachbarschaftseffekte beobachtet, exemplarisch ist der Zuckerertrag am Standort Sieboldshausen 2014 dargestellt (Abb. 1). In benachbarten Parzellen der anfälligen und der resistenten Sorte zeigte

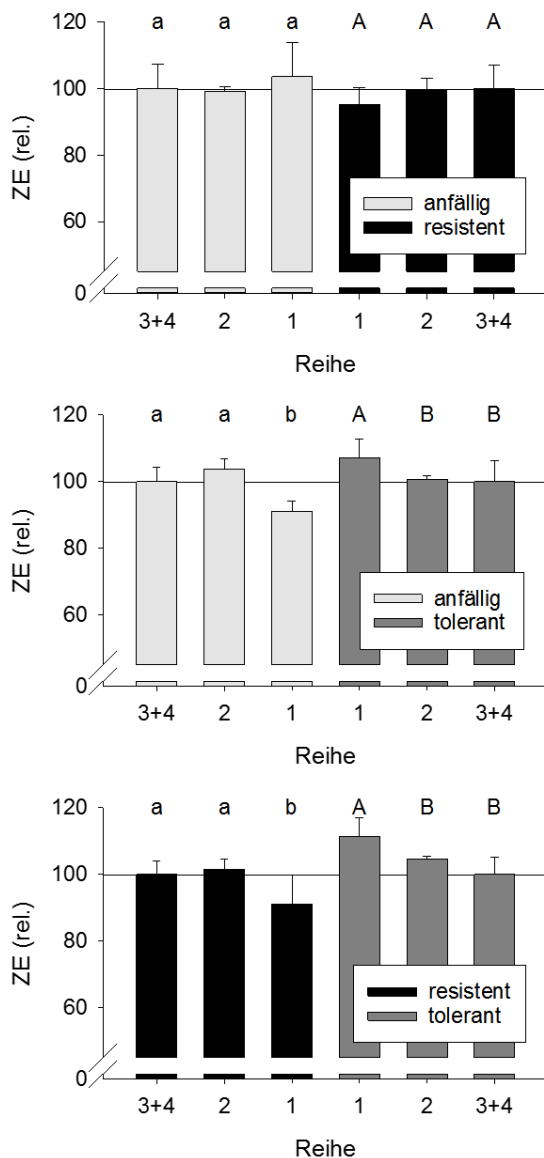


Abb. 1: Relativer Zuckerertrag (ZE) per Reihe in benachbarten Parzellen mit nematodenanfälligen, -toleranten oder -resistenten Zuckerrübensorten, Sieboldshausen (DE), 2014. Reihe 1: Randreihe zur Nachbarparzelle, Reihen 3+4: Kernreihen. 100 = ZE in Reihen 3+4. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen Reihen einer Sorte, $p < 0,001$.

Literatur

Büchse, A. (1999) Bedeutung und Ursachen von Nachbarschaftseffekten in Sortenversuchen bei Zuckerrüben. Dissertation, Universität Göttingen.

Dieses Projekt wurde durchgeführt von COBRI (Coordination Beet Research International), Finanzierung durch Syngenta Crop Protection AG.

sich kein Einfluss der Reihe auf den ZE. Im Gegensatz dazu traten signifikante Nachbarschaftseffekte auf, wenn die anfällige und die tolerante bzw. die resistente und die tolerante Sorte nebeneinander standen. In beiden Fällen war der ZE der toleranten Sorte in der Randreihe (Reihe 1) um ca. 12 % höher als in den Kernreihen (3+4), während er bei der anfälligen sowie bei der resistenten Sorte in der Randreihe jeweils um ca. 7 % niedriger war als in den Kernreihen. Reihe 2 unterschied sich in keinem Fall von den Kernreihen.

Da hinsichtlich der Vermehrungsraten von *H. schachtii* keine Wechselwirkung zwischen Sorte und Nachbar auftrat und der Ertragsvorteil der toleranten Sorte unabhängig vom Sortentyp in der benachbarten Parzelle war, sind die Nachbarschaftseffekte auf signifikante Sortenunterschiede in der Ausbildung des Blattapparates zurückzuführen (resistent < anfällig < tolerant; nicht gezeigt).

Die Ergebnisse bestätigen den Einfluss der Versuchsanlage auf die Bewertung der Sortenleistung. In dem in Deutschland üblichen System mit dreireihiger Anlage und Ernte der Parzellen wurde der Ertrag der nematodenresistenten Sorte im Vergleich zur Ernte von vier aus sechs Reihen rechnerisch um 3 % unterschätzt. Der Ertrag der anfälligen Sorte war in beiden Systemen identisch und der Ertrag der toleranten Sorte wurde um 9 % überschätzt. Dieser Effekt kann vermieden werden, indem Sorten mit geringerem Blattapparat in Parzellen mit zusätzlichen Randreihen angebaut werden (Ummantelung).

Einfluss mineralischer Düngemittel auf die N₂O- und NH₃-Emissionen auf einem Lössstandort

Benjamin Pietzner¹, Jan Rücknagel¹, Barbara Koblenz¹, Michael Grunert², Anja Schmidt² und Olaf Christen¹

¹ Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften/ Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/ ÖL, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

² Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Ref. Pflanzenbau in Nossen.
E-Mail: Benjamin.Pietzner@landw.uni-halle.de

Einleitung

Infolge der Umsetzung stickstoffhaltiger Düngemittel kommt es vermehrt zur Freisetzung von Treibhausgasen. Lachgas ist ein Spurengas das den Treibhausgaseffekt verstärkt und auch zur Zerstörung der Ozonschicht in der Stratosphäre beiträgt. Ammoniak (NH₃) besitzt eine indirekte Klimawirkung. Es wird postuliert, dass ca. 1-2 % des NH₃-Stickstoffs als Lachgasstickstoff reemittiert wird. Das Ziel dieser Arbeit war es, den volatilen Stickstoffverlust im Form von Lachgasemission und Ammoniakemission nach der Düngung unter Feldbedingungen bei Winterweizen (*Triticum aestivum*) in zwei Versuchsjahren mit unterschiedlichen Applikationsverfahren von mineralischen Düngemitteln zu quantifizieren und zu beurteilen.

Material und Methoden

Die Versuche wurden in den Versuchsjahren 2014 und 2015 im sächsischen Nossen (51.06° N, 13.27° O, 255 m über NN) durchgeführt. Die jährliche durchschnittliche Niederschlagsmenge beträgt 674 mm und die mittlere jährliche Temperatur 9,5 °C. Der Bodentyp ist ein Löss-Braunstaugley und besteht überwiegend aus der Bodenart Lehm. Die Anlage erfolgte als vierfach wiederholter, randomisierter Exaktversuch mit der Winterweizensorte „Opal“. Geprüft wurden folgende Varianten: Nullvariante (ungedüngte Kontrolle), Streuen mit KAS und Injektion mit DOMAMON® L26. Im Untersuchungsjahr 2014 wurden in den gedüngten Varianten insgesamt 145 kg N ha⁻¹, im zweiten Untersuchungsjahr 160 kg N ha⁻¹ Gesamtstickstoff ausgebracht. In der Variante „Streuen“ erfolgte dies praxisüblich in drei Teilgaben mit Kalkammosalpeter (KAS). Das Prüfglied der „Injektion“ wurde zur ersten und zur zweiten N-Gabe injektionsgedüngt. In der dritten Gabe erhielt diese Variante KAS. Die Ammoniakmessung erfolgte mit der Dräger-Tube-Methode und die Lachgasmessung mit der Closed Chamber Methode.

Ergebnisse und Diskussion

Aus den beiden Versuchsjahren werden beispielhaft Ergebnisse der Emissionen gezeigt. Die kumulierten NH₃-Verluste zeigten für die erste Düngergabe in den Varianten „Streuen“ und „Injektion“ eine Emission von 1.7 kg N ha⁻¹ bzw. 2.8 kg ha⁻¹ (Abb. 1). Durch die hohe Konzentration der Depots bei der N-Injektion entstanden „hot spots“, die Emissionsquellen darstellen können. Nach der zweiten N-Gabe emittierte die Variante „Streuen“ mit 0.9 kg N je Hektar deutlich stärker als die Variante Injektion mit 0.1 kg N je Hektar, wobei keine Signifikanzen festgestellt wurden. Die gemessenen NH₃-Emissionen waren allgemein auf einem geringen Niveau. Die NH₃-Verluste waren bei der ersten N-Gabe um ein Vielfaches höher als bei der zweiten N-Gabe. Je höher die Pflanzenbestände sind, desto weniger können Witterungseinflüsse wie Wind und Sonneneinstrahlung auf die Ausbildung von NH₃-

Gradienten zwischen Dünger-Bodenoberfläche und Atmosphäre wirken (Döhler und Horlacher 2010).

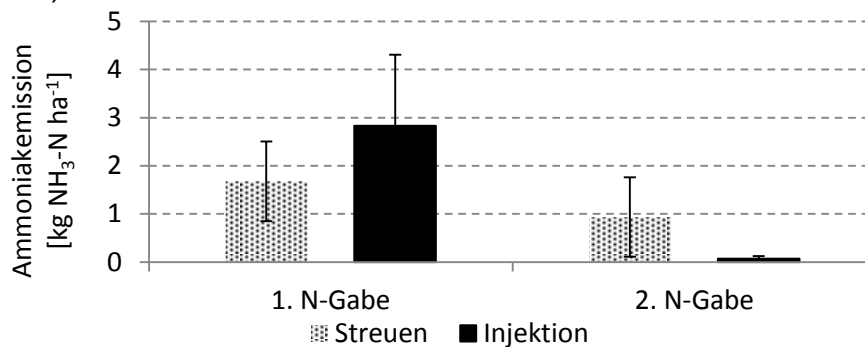


Abb. 1 Kumulierte NH₃-Emission 2015 nach 4 Messtagen

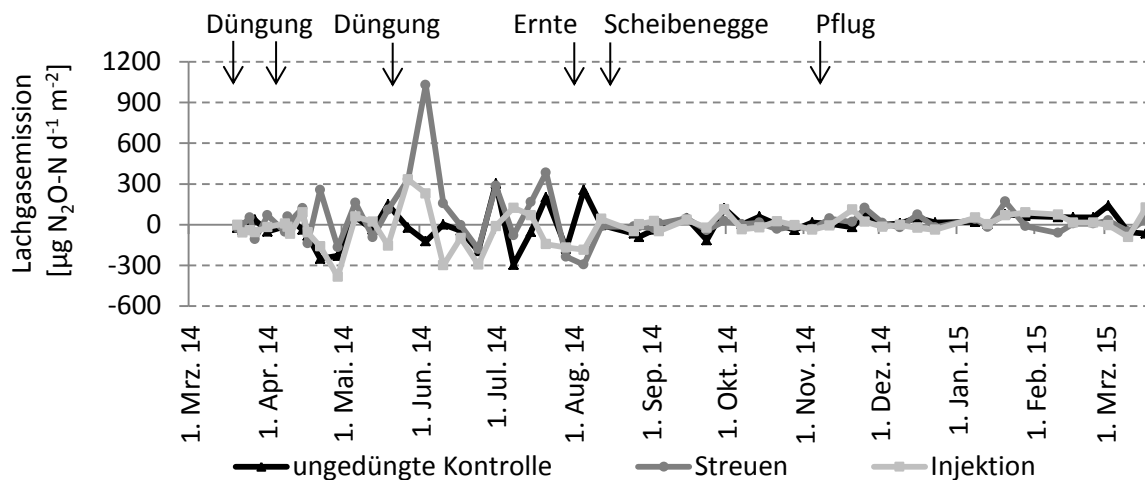


Abb. 2 Verlauf der Lachgasflüsse nach der Düngung 2014

Bei der Variante „Streuen“ kam es nach der zweiten und nach der dritten N-Gabe zu einem größeren Emissionspeak beim Lachgasfluss (Abb. 2). Ursachen hierfür könnten der Anstieg der Bodentemperatur und der Bodenfeuchtigkeit sein. Ab der Ernte des Winterweizens Anfang August bewegten sich die N₂O-Emissionen aller Varianten nur noch im Bereich der Nulllinie. Nach der Bodenbearbeitung kam es lediglich zu kleineren Emissionen von Lachgas, da der Boden aufgelockert wurde und damit Luft in den Boden gelangte. In den Untersuchungsjahren konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Applikationstechniken auf die Emissionsausbildung festgestellt werden. Im Jahr 2014 emittierte die Variante „Streuen“ mit 135 g N je Hektar die höchste Menge an N₂O, 2015 war es mit 117 g N je Hektar die Variante „Injektion“.

Literatur

Döhler, H., Horlacher, D., 2010: Ammoniakemissionen organischer Düngemittel, KTBL-Schrift 483, S. 51-71, KTBL-/ vTI-Tagung 8.-10.12.2010, Emission landwirtschaftlich genutzter Böden.

Die Wechselwirkung von Stickstoff und Krautfäule im Ökologischen Kartoffelanbau – Einbindung von unterstützenden Entscheidungshilfemodellen und deren Auswirkungen auf das Anbauverfahren

Hannes Schulz¹, Claudia Tebbe², Paolo Racca², Benno Kleinhenz²
und Christian Bruns¹

¹ Universität Kassel Fachgebiet Ökologischer Land- und Pflanzenbau

² Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen im Pflanzenschutz (ZEPP)
E-Mail: Ha.schulz@uni-kassel.de

Einleitung

Im Ökologischen Kartoffelanbau sind die Stickstoffverfügbarkeit und das Auftreten der Krautfäule wesentliche Einflussfaktoren, die eine Realisierung des standortspezifischen Ertragspotenzials beeinflussen. Die Krautfäule führt dabei häufig in sehr gut versorgten Beständen zu hohen Ertrags- und auch Qualitätsverlusten, während in schlecht versorgten Beständen durch frühzeitige Abreife häufig keine nennenswerten Schäden zu verzeichnen sind. Zur Kontrolle der Krautfäule werden im Ökologischen Kartoffelanbau kupferhaltige Fungizide eingesetzt, die jedoch in der Aufwandmenge limitiert sind und darüber hinaus durch Anreicherung bodentoxisch wirken können.

Ziel der Untersuchungen, die im Rahmen des EU-COFREE Projektes durchgeführt wurden, war es daher, das bestehende Prognosemodell ÖKOSIMPHYT (www.isip.de) weiter zu entwickeln indem die Stickstoffaufnahme der Kartoffel und die Spritzempfehlungen, die sich aus der epidemiologischen Verbreitung ableiten, im Modell verknüpft werden. Dies eröffnet die Möglichkeit Kupferapplikationen risikoorientiert im Sinne des verbleibenden Ertragspotenzials anzuwenden. Der effektivere Einsatz und Einsparungen von Kupfer wären die Folge.

Material und Methoden

Feldversuche

Zur Weiterentwicklung des Prognosemodells wurden in den Jahren 2012 bis 2015 Feldversuche auf den Versuchsstandorten Neu Eichenberg (NEB; 51,37°N; 9,91°O 220 m ü.NN) und Frankenhausen (DFH; 51,24 °N, 9,26°O 200m ü.NN) durchgeführt. Die langjährigen Wetterbedingungen (1970-2000) sind für NEB mit 7,9°C und 620 mm charakterisiert (DFH: 8,5°; 650mm). Auf beiden Standorten wurde auf Parabraunerden mit Lößauflage gearbeitet. Die Versorgung mit Grundnährstoffen (P: 59-140 mg*kg⁻¹; K: 92-100 mg*kg⁻¹; Mg: 82-110 mg*kg⁻¹) wurde jeweils zu Versuchsbeginn bestimmt.

Zur Variierung der Anbaubedingungen wurden in der Durchführung der Versuche die Faktoren Düngung (0, 40, 70 oder 100 kg*ha⁻¹; zur Abbildung unterschiedlicher Ertragspotenziale), Sorte (sehr früh, früh, mittelfrüh), Zeit (45 bis 110 Tage nach Pflanzung; Abbildung des Vegetationsverlaufes) und Pflanzenschutzbehandlung (Kontrolle, Kupfer nach Prognosemodell, 2013 konventionelle PSM-Maßnahme) berücksichtigt. Die NO₃-N Mineralisierung wurde in den Bodentiefen 0-30 cm und 30-60 cm regelmäßig über den Vegetationsverlauf bestimmt. Der N-Gehalt in Kraut und Knollen wurde ebenfalls in einem engen Beprobungsintervall über die gesamte

Vegetation ermittelt. Das Auftreten und der Verlauf der Krautfäule wurde ab dem Auftreten des Erstbefalls erfasst.

Modellanpassung "ÖKOSIMPHYT"

Die Ergebnisse der Feldversuche bilden die Grundlage zur Modellierung der Wachstumszusammenhänge während der Vegetationsphase. Im angepassten "ÖKOSIMPHYT" finden sich der Verlauf der Grünmasseentwicklung, der Knollenzuwachs und die BBCH-Entwicklung. Zusätzliche kurzfristige Anpassungsmöglichkeiten für die Anwender während der Modellierungsphase (z.B. Eingabe Blühbeginn (BBCH 60)) wurden in das Modell integriert.

Ergebnisse und Diskussion

Durch die differierenden Witterungsbedingungen in Kombination mit den Versuchsfaktoren konnte in den Versuchsjahren 2012-2015 ein breites Spektrum an möglichen Vegetationsverläufen abgebildet werden, welche in der Modellierung Berücksichtigung fanden. Die Modellierung der Wachstumsverläufe in Verbindung mit der Stickstoffaufnahme, konnte für das Blatt, die BBCH-Entwicklung und der Knollenzuwachs realisiert werden. Modelfunktionen (z.B. BBCH-Entwicklung: Double Richard-Funktion) wurden bestimmt und in "ÖKOSIMPHYT" hinterlegt. Für den Anwender sind Korrekturmöglichkeiten im Modell integriert, sodass ein kurzfristiges Update der Kulturentwicklung und verbesserte Anpassung während der Vegetationsphase stattfinden kann. Das Ergebnis der Modellierung ist eine Kupferapplikationsstrategie, die sich an der Ausschöpfung des Ertragspotenzials orientiert, womit sowohl der Applikationsbeginn, das Anwendungsintervall und der potenzieller Spritzstop im Modell hinterlegt sind. Größere Einsparungspotenziale ergeben sich hiermit im Vergleich zum bisherigen Modell durch die Terminierung der Kupferanwendung in Jahren mit geringem bis mittlerem Befallsdruck, in denen bisher häufig die Applikationsmengen ausgeschöpft wurden oder bis zum Krautabsterben Spritzungen stattgefunden haben.

Einfluss der Art und Höhe einer Schwefeldüngung im zweijährigen Klee gras und Auswirkung auf die Nachfrucht Winterweizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. E-Mail: peer.urbatzka@fl.bayern.de

Einleitung

Der atmosphärische S-Eintrag in landwirtschaftliche Flächen verminderte sich in den letzten Jahrzehnten durch den Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen. Im ökologischen Landbau haben insbesondere Futterleguminosen einen hohen S-Bedarf. In Bayern reagierten in einjährigen Tastversuchen 50 % der Schläge positiv auf eine S-Gabe (Urbatzka et al. 2014). Schwefelmangel kann die N₂-Fixierleistung bei Leguminosen vermindern (Varin et al. 2007). Dies kann weitreichende Folgen für die Fruchtfolge im ökologischen Landbau haben. In bisherigen Arbeiten wurden ausschließlich Sulfatdüngermittel im letzten Hauptnutzungsjahr des Klee grasses geprüft (Fischinger et al. 2011, Böhm 2013, Becker et al. 2015). Daher wurde der Einfluss verschiedener S-Düngermittel, unterschiedlicher Düngerrhöhen und verschiedener Düngungszeitpunkte in einem Klee gras und die Auswirkungen auf die Nachfrucht geprüft.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden in der Fruchtfolge zweijähriges Klee gras und Winterweizen auf den Standorten Hohenkammer (Braunerde, sL, Ackerzahl 55; langjährige Mittel: 816 mm; 7,8 °C; Lk. Freising) und Hintereggburg (Braunerde, sL, Ackerzahl 47; langjährige Mittel: 1007 mm; 8,4 °C; Lk. Ebersberg) durchgeführt. Gedüngt wurden neben einer Kontrolle ohne Düngung folgende acht Varianten:

- Mg-Sulfat (20 und 40 kg/ha je Jahr Klee gras, zeitiges Frühjahr)
- Ca-Sulfat (20 und 40 kg/ha je Jahr Klee gras, zeitiges Frühjahr)
- Elem. S (20 und 40 kg/ha je Jahr Klee gras im Herbst bzw. zeitiges Frühjahr (nur 40 kg/ha), 4 x 20 kg/ha über zweijähriges Klee gras ab Saat)

Um einen Einfluss durch Magnesium auszuschließen, wurden die Versuchsflächen vor der Saat des Klee grasses mit einem magnesiumhaltigen Kalkdünger behandelt. Das Klee gras war eine Mischung aus Rot-, Weißklee und verschiedenen Gräsern, beim Winterweizen wurde die Sorte *Achat* gewählt. Das Klee gras wurde abgefahren. Der Rohproteingehalt wurde nach den ICC-Standardverfahren (ICC 1976) analysiert. Als Versuchsanlage wurde eine einfaktorielle Blockanlage angelegt (N=4). Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3. Im Beitrag werden die Ergebnisse der 1. Versuchsserie (2013-2015) dargelegt.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Hauptnutzungsjahr des Klee grasses wurde durch die S-Düngung mit Ausnahme der beiden Gaben mit elementarem Schwefel im Herbst auf einen der beiden Standorte ein signifikant höherer TM-Ertrag festgestellt (Tab. 1). Im zweiten Hauptnutzungsjahr war der TM-Ertrag in allen Düngungsvarianten signifikant höher als ohne Düngung. Auf dem Standort Hintereggburg lag der TM-Ertrag des Klee grasses im ersten Hauptnutzungsjahr in allen Varianten mit Sulfatdünger

signifikant höher als nach elementarem Schwefel. In Hohenkammer wurden dagegen nur wenige Unterschiede zwischen den S-Düngern festgestellt. Im zweiten Hauptnutzungsjahr unterschieden sich die Düngungsvarianten nur in wenigen Fällen.

In der Nachfrucht Winterweizen lag der Kornertrag in Hintereggburg mit wenigen Ausnahmen nach einer S-Düngung im Klee gras signifikant höher als ohne Düngung, während auf dem anderen Standort der Kornertrag zwar zumeist nach S-Düngung erhöht, aber nur in zwei Varianten signifikant höher ausfiel. Die S-Düngungsvarianten unterschieden sich mit einer Ausnahme nicht. Auch in anderen Untersuchungen wurde nach einjährig gedüngten Klee gras nur teilweise eine signifikanter Mehrertrag nach einer Sulfatdüngung festgestellt (Riffel et al. 2013, Becker et al. 2015).

Tab. 1: Erträge der Einzeljahre beider Standorte

	Ertrag Klee gras (dt TM/ha)				Ertrag Weizen (dt/ha)	
	Hohenkammer		Hintereggburg		Hohenkammer	Hintereggburg
	2013	2014	2013	2014	2015	2015
Mg-Sulfat 40 kg/ha	21,4 a	30,7 ab	25,9 a	35,4 a	46,7 a	45,1 a
Ca-Sulfat 40 kg/ha	20,0 ab	30,2 ab	24,6 a	34,1 ab	40,7 ab	44,3 a
Mg-Sulfat 20 kg/ha	18,8 ab	29,5 b	25,0 a	33,8 ab	43,4 ab	43,6 a
elem. S 40 kg/ha He.	21,2 a	33,4 a	19,0 c	32,9 ab	46,6 a	44,3 a
elem. S 4x20 kg/ha	19,2 ab	30,4 ab	21,8 b	34,5 a	43,5 ab	42,9 ab
Ca-Sulfat 20 kg/ha	17,8 b	27,8 b	24,9 a	34,1 ab	38,9 b	43,9 a
elem. S 40 kg/ha Fj.	18,6 ab	28,4 b	20,9 b	33,9 ab	44,8 ab	45,3 a
elem. S 20 kg/ha He.	20,6 a	30,5 ab	18,8 c	30,2 b	44,6 ab	43,6 a
ohne S-Düngung	15,1 c	24,9 c	18,0 c	24,1 c	38,7 b	40,8 b

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$); Fj. = Frühjahr, He. = Herbst

Literatur

- Becker K, Riffel A, Leithold G (2015): Ertragswirksamkeit einer Gölledüngung zu Winterweizen im Vergleich zur Vorfruchtwirkung eines mit Schwefel versorgten Klee gras nach einheitlicher Vorfrucht Klee gras. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 72-73.
- Böhm H (2013): Auswirkungen einer Schwefeldüngung auf den Ertrag und die Nährstoffzusammensetzung eines Klee grasbestandes. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 216-219.
- Fischinger S, Becker K, Leithold G (2011): Auswirkungen unterschiedlicher S-Versorgungszustände auf den N-Flächenertrag eines Luzerne-Klee grasbestandes. Beiträge zur 11. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 183-184.
- Riffel A, Hornischer H, Fischinger S, Leithold G, Becker K (2013): Wirkung einer Schwefeldüngung zu einem Luzerne-Klee gras-Bestand auf den Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 214-215.
- Urbatzka P, Offenberger K, Schneider G, Jacob I (2014): Schwefeldüngung zu Leguminosen im ökologischen Landbau. Schriftenreihe der Bayer. Landesanstalt f. Landwirtschaft 2, 132-138.
- Varin S, Cliquet JB, Personeni E, Avice JC, Lemauviel-Lavenant S (2010): How does sulphur availability modify N acquisition of white clover (*Trifolium repens* L.)? *Journal of Experimental Botany* 61 (1), 225-234.

Auswirkung der Kleeart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag der Nachfrüchte Winterweizen und Wintertriticale unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka¹, Anna Rehm¹, Thomas Eckl² und Georg Salzedo³

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

Die Hauptquelle von Stickstoff ist im ökologischen Landbau der Anbau von Leguminosen. Die Auswirkung verschiedener Futterleguminosen und verschiedener Saatzeiten bei unterschiedlicher Nutzung auf die Nachfrüchte wurde im deutschsprachigen Raum bisher nur wenig untersucht (Loges 1998). Bei der Tagung in 2015 wurden die Ergebnisse der ersten Nachfrucht Winterweizen dargelegt (Urbatzka et al. 2015). In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der zweiten Nachfrucht Wintertriticale und der Getreideertrag beider Nachfrüchte vorgestellt.

Material und Methoden

Für die Versuchsserie wurde die Fruchtfolge Wintertriticale, Futterleguminose und die Nachfrüchte Winterweizen und Wintertriticale ausgewählt. Die Versuche wurden auf den Standorten Hohenkammer (Braunerde, sL, Ackerzahl 55; langjährige Mittel: 816 mm; 7,8 °C) und Viehhausen (Braunerde, sL, Ackerzahl etwa 60; langjährige Mittel: 786 mm; 7,8 °C), beide im Lk. Freising, durchgeführt. 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 Klee gras mit Rot-, Weißklee und Luzerne
- Stoppelsaat: siehe Untersaat
- Blanksaat: Alexandrinerklee, Perserklee, eine Sommerkleemischung (BSV 3907 mit Perserklee, Alexandrinerklee und Rotklee) und Klee gras (siehe Untersaat).

Die Kleenutzung erfolgte als Mulchen und als Abfuhr ohne Rückführung über organische Düngung. Der Winterweizen (cv. *Achat*) wurde in den Jahren 2011 bis 2013 und die Wintertriticale (cv. *Benetto*) in 2012 bis 2014 angebaut. In 2011 war der Weizen aufgrund eines Hagelschlages nicht wertbar. Für die Berechnung der Vorfruchtwirkung auf beide Nachfrüchte wurden die Getreideerträge mittels Getreideeinheiten (GE) nach BMELV (2014) aggregiert (Fruchtfolgeertrag).

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

Ergebnisse und Diskussion

Bei der Teilauswertung über Unter- und Stoppelsaaten wurde eine signifikante Wechselwirkung zwischen den Faktoren Saatzeit und Art festgestellt, während bei den anderen beiden Teilauswertungen keine signifikante Wechselwirkung vorlag.

Erwartungsgemäß erzielte die Nachfrucht Triticale als auch beide Nachfrüchte zusammen (Fruchtfolgeertrag) nach der Kleenutzung Mulchen in allen Auswertungen im Vergleich zur Abfuhr höhere Erträge (Tab. 1+2). Hintergrund ist die fehlende Rückführung der abgefahrenen Nährstoffe des oberirdischen Aufwuchses des Kleeegrases über organische Düngung. Ebenso führte eine frühere Saatzeit der Leguminosen aufgrund der längeren Standzeit mit einer Ausnahme beim Fruchtfolgeertrag nach Klee gras zu höheren Erträgen (Tab. 1+2). Auf Artenebene wurden nach Unter- und Stoppelsaat nach Weiß- und Gelbklee mit einer Ausnahme und nach Frühjahrssaat nach Klee gras höhere Erträge festgestellt (Tab. 1+2).

Tab. 1: Kornertrag (dt ha⁻¹, links) der Nachfrucht Triticale und Fruchtfolgeertrag der Nachfrüchte Weizen und Triticale (GE ha⁻¹, rechts) nach Futterleguminosen in Unter- und Stoppelsaat

	Untersaat	Stoppelsaat	Untersaat	Stoppelsaat
Weißklee/ Gelbklee	54,4 a A	50,3 a B	107,7 a A	97,9 a B
Klee gras	52,8 b A	50,3 a B	100,6 bc A	94,2 b B
Luzerne	52,6 b A	46,9 b B	101,4 b A	94,3 b B
Rotklee	51,4 c A	46,8 b B	99,3 c A	92,0 c B
Mulchen¹	52,1 a		103,1 a	
Abfuhr	49,3 b		93,8 b	

Mittel aller Umwelten; ¹ Mittel aus Unter- und Stoppelsaat; verschiedene kleine bzw. große Buchstaben = signifikante Unterschiede bzgl. Art bzw. Saatzeit (SNK-Test, p < 0,05)

Tab. 2: Kornertrag (dt ha⁻¹) der Nachfrucht Triticale und Fruchtfolgeertrag der Nachfrüchte Weizen und Triticale (GE ha⁻¹) nach Futterleguminosen in Blanksaat im Frühjahr (links) und nach Klee gras (rechts)

	Kornertrag	Fruchtfolge- ertrag		Kornertrag	Fruchtfolge- ertrag
Mulchen	46,0 a	93,2 a	Mulchen	51,7 a	100,7 a
Abfuhr	43,6 b	85,3 b	Abfuhr	48,8 b	91,6 b
Klee gras	47,6 A	93,5 A	Untersaat	52,8 A	100,6 A
Persischer Klee	44,9 B	89,0 B	Stoppelsaat	50,3 B	94,3 B
Alexandrinerklee	44,3 B	87,4 B	Saat Frühjahr	47,6 C	93,5 B
BSV-Mischung	42,3 C	87,0 B			

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

Literatur

BMELV (2011): Getreideeinheitenschlüssel. <http://berichte.bmelv-statistik.de/SJT-3120100-2014.pdf> (Abruf am 21.6.2016).

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

Urbatzka P., Rehm A., Eckl T., Salzeder G. (2015): Auswirkung der Futterleguminosenart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag von Winterweizen im ökologischen Landbau. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 27, 30-31.

Bestimmung der Vorfruchtwirkung verschiedener Erbsentypen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka¹, Anna Rehm¹ und Georg Salzedo²

¹ Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; ² Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. E-Mail: peer.urbatzka@flf.bayern.de

Einleitung

Im ökologischen Landbau ist der Anbau von Leguminosen die Hauptquelle von Stickstoff. Dabei ist neben Ertrag und Stickstofffixierleistung die N-Vorfruchtwirkung von entscheidender Bedeutung. Erbsen sind in Körner- und Grünfuttererbsen zu unterscheiden. Das Ertragspotential von Körnererbsen ist größer als von Grünfuttererbsen (Urbatzka et al. 2013), allerdings ist die Stickstofffixierleistung von Grünfuttererbsen höher (Urbatzka et al. 2009). In einem Feldversuch wurde die Vorfruchtwirkung verschiedener Erbsentypen mit und ohne Strohabfuhr untersucht.

Material und Methoden

Ein zweifaktorieller Feldversuch wurde am Standort Viehhausen (Braunerde, sL, Ackerzahl etwa 60; langjährige Mittel: 786 mm; 7,8 °C), Lk. Freising durchgeführt. Faktor A war die Sorte. Es wurden die vier Erbsen Arvika (buntblühende Grünfuttererbse), Florida (weißblühende Grünfuttererbse), Alvesta und Respect (weißblühende Körnererbsen) ausgesät. Faktor B war das Erbsenstroh: entweder wurde es auf den Parzellen belassen oder abgefahren. Zur Bestimmung der Vorfruchtwirkung wurde der Ertrag, die Backqualität und die Strohmenge im nachfolgenden Winterweizen (cv. *Achat*) im Jahr 2013 erhoben.

Der Winterweizen wurde am 22.10.2012 mit 400 kf. Körnern je m² gesät. Der Rohproteingehalt und der Feuchtklebergehalt wurden nach den ICC-Standardverfahren (ICC 1976) sowie das Backvolumen nach Doose (1982) analysiert. Die oberirdischen Ernteresiduen wurden nach dem Korndrusch mit einem Grüngutvollernter von der gesamten Parzelle bestimmt. Versuchsanlage war ein zweifaktorielles Lateinisches Rechteck (N = 4). Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS 9.3.

Ergebnisse und Diskussion

Bei keinem dargestellten Ergebnis lag eine signifikante Wechselwirkung der beiden Faktoren Sorte und Stroh vor. Auf Sortenebene erzielte der Weizen nach der Erbse Florida die signifikant höchsten Erträge mit Ausnahme der oberirdischen Ernteresiduen (Tab. 1). Bei letztgenanntem Parameter war nur der TM-, aber nicht der RP-Ertrag signifikant höher als nach den beiden Körnererbsen. Nach der anderen Grünfuttererbse Arvika fielen mit einer Ausnahme nur die Erträge der oberirdischen Biomasse höher als nach den Körnererbsen aus, während bei den Erträgen bzgl. Korn und oberirdischer Ernteresiduen keine signifikanten Unterschiede vorlagen. Bei der Backqualität erzielte der Weizen nach Arvika signifikant höhere Volumina als beide Körnererbsen und der Feuchtklebergehalt fiel nach Alvesta am signifikant geringsten aus (Tab. 1).

Ursache für das bessere Abschneiden des Weizens nach Grünfuttererbsen sind wahrscheinlich analog zu Urbatzka (2010) höhere N-Harvest-Indices im Vergleich zu

Körnererbsen: im vorlaufenden Erbsenversuch wurden geringere Körnerträge, aber höhere Pflanzenlängen und eine größere Massenbildung bei den Grünfuttererbsen festgestellt (Urbatzka et al. 2013).

Tab. 1: Nachfrucht Weizen: Ertrag und Qualität des Korns, Menge an oberirdischen Ernteresiduen und Ertrag der oberirdischen Biomasse in Abhängigkeit der vorlaufenden Erbsensorte (oben) und der vorlaufenden Strohbehandlung (unten)

	Korn					oberirdische Ernteresiduen		oberirdische Biomasse	
	Korn-ertrag ¹	RP-Ertrag ¹	Volumen (ml)	Feucht-kleber ²	RP-Gehalt ²	TM-Ertrag ¹	RP-Ertrag ¹	TM-Ertrag ¹	RP-Ertrag ¹
Florida	43,9 A	4,41 A	654 AB	24,6 A	11,6 A	42,4 A	1,44 NS	80,1 A	5,85 A
Arvika	41,8 B	4,13 B	686 A	24,6 A	11,4 AB	41,0 AB	1,39	77,0 B	5,52 B
Respect	40,7 B	4,01 B	648 B	24,5 A	11,4 AB	38,7 B	1,35	73,7 C	5,36 BC
Alvesta	40,7 B	3,95 B	647 B	23,6 B	11,2 B	38,7 B	1,33	73,7 C	5,28 C
mit ³	42,8 a	4,21 a	651 ns	24,3 ns	11,4 ns	41,9 a	1,41 ns	78,7 a	5,62 a
ohne ³	40,7 b	4,04 b	666	24,4	11,5	38,5 b	1,34	73,5 b	5,38 b

¹ = in dt/ha, ² = in %, ³ = mit bzw. ohne Erbsenstroh; verschiedene Buchstaben in einer Spalte = signifikante Unterschiede (SNK-Test, p < 0,05), ns = nicht signifikant

Beim Faktor Strohbehandlung lagen nach Belassen des Erbsenstrohs alle Erträge des Weizens mit Ausnahme des RP-Ertrages der oberirdischen Ernteresiduen signifikant höher als nach Entfernen des Strohs (Tab. 1). Bei der Backqualität des Weizens wurden bzgl. der Strohbehandlung keine signifikanten Unterschiede festgestellt (Tab. 1). Dieser Sachverhalt ist wahrscheinlich auf die zügige Mineralisierung des Erbsenstrohs aufgrund eines engen C/N-Verhältnisses zurückzuführen, so dass der Stickstoff aus dem Stroh v. a. zur Ertragsbildung, aber nicht mehr für die Qualität zur Verfügung stand.

Literatur

Doose O. (1982): Verfahrenstechnik Bäckerei. Gildebuchverlag, Alfeld, 6. Auflage

ICC (Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und Getreidetechnologie, Hrsg.) (1976): Berlin, verschiedene ICC Standardverfahren

Urbatzka P. (2010): Anbauwürdigkeit von Wintererbsen - ein Vergleich zu Sommererbsen in Rein- und Gemengesaat unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Dissertation Universität Kassel, Verlag Dr. Kovač

Urbatzka P., Graß R., Schüler C., Trautz D., Heß J. (2009): Bestimmung der N-Fixierung unterschiedlicher Wintererbsengenotypen im Vergleich zu einer Sommererbse in Rein- und Gemengesaat. Beiträge zur 10. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau, 99-102

Urbatzka P., Salzeder G., Rehm A. (2013): Vergleich verschiedener Wuchstypen von Sommererbsen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 25, 193-194

Ertrag und Qualität von Hafer in einem Agroforstsystem zur Energieholzgewinnung im ökologischen Landbau

Andrea Winterling¹, Irene Jacob¹, Herbert Borchert² und Klaus Wiesinger¹

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@fl.bayern.de

Einleitung

Im Jahr 2009 startete in Bayern das vom Bayerischen Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (StMELF) geförderte Kooperationsprojekt der beiden Landesanstalten für Landwirtschaft und für Wald und Forstwirtschaft „Entwicklung und Erprobung eines Agroforstsystems im ökologischen Landbau zur Energieholzgewinnung“. Wesentlicher Bestandteil des Forschungsvorhabens ist die Ermittlung der Wirkung von mehrreihigen Baumstreifen aus schnellwachsenden Hölzern auf die Erträge und die Qualität des Erntegutes der zwischen den Baumstreifen angebauten landwirtschaftlichen Feldfrüchte. Aufgrund von weitgehend übereinstimmenden Hinweisen aus der Literatur (BRUCKHAUS & BUCHNER 1995, LfL 2005, PRETZSCHEL et al. 1991) wird eine positive Wirkung von regelmäßig beernteten Baumstreifen und Hecken auf den Ertrag der dazwischen liegenden landwirtschaftlichen Kulturen angenommen (Windschutz, höhere Bodenfeuchte). In diesem Beitrag werden Ergebnisse zur Wirkung der Energieholzstreifen im ersten Umtrieb auf den Marktwarenertrag und die Qualität von Hafer (Versuchsjahre 2009, 2013, 2015) vorgestellt.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projektes wurde im April 2009 ein Feldversuch (zweifaktorielle Streifenanlage, drei Wiederholungen) angelegt. Versuchsstandort ist ein Bio-Hof in Pulling bei Freising (Münchner Ebene, 450 m über NN, langjährige Mittel: 800 mm, 7,5 °C, Ackerzahl 54 Punkte, sL, Pararendzina aus Flussmergel über Schotter). Die Gehölzstreifen (Pappelklone 'Max 1' und 'Max 3', 7 Jahre Umtriebszeit) wurden fünfreihig quer zur Hauptwindrichtung in einem Verband von 1,25 m x 1,5 m angepflanzt. Die Ertragserfassung bei den landwirtschaftlichen Kulturen erfolgte nach den Richtlinien des Bundessortenamtes (BSA 2000) für die 7-jährige Fruchtfolge Hafer, Winterweizen, Klee gras (2-jähr.), Hafer, Winterweizen, Hafer, parzellenweise in definierten Abständen zum Baumstreifen bzw. ohne Einfluss der Gehölze. Zusätzlich wurde am Erntegut ausgewählter Parzellen die Qualität untersucht. In den Baumstreifen wurde im Winter jeden Jahres die Wuchsleistung gemessen. Die Datenanalyse erfolgte mit SAS (PROC GLM).

Ergebnisse und Diskussion

Im Anpflanzungsjahr der Gehölze (2009, Referenzzustand) war ein signifikant geringerer Marktwarenertrag in der Variante mit Energieholzstreifen (=„Agroforstsystem“) feststellbar, welcher sich mit zunehmender Baumhöhe (mittlere Höhe zum Zeitpunkt der Haferernte 2009: 0,7 m; 2013: 8,5 m; 2015: 11,4 m) in den Folgejahren ausglich (Abb. 1). Eine Serienauswertung der drei Versuchsjahre ergab insgesamt keinen signifikanten Unterschied in Bezug auf den Marktwarenertrag. Mindererträge, die aufgrund von Schattenwirkung, Beikrautdruck, Wasser- und Wurzelkonkurrenz

etc. in unmittelbarer Nähe des Baumstreifens entstanden, wurden durch höhere Erträge in den weiter vom Baumstreifen entfernten Parzellen kompensiert.

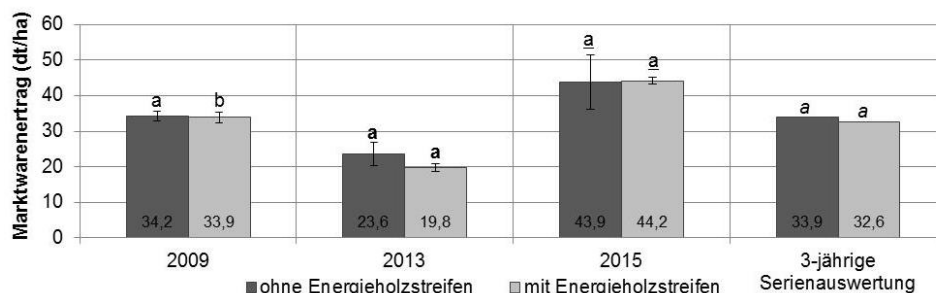


Abb. 1: Mittlerer Marktwarenertrag (Sortierung > 2mm) bei Hafer. Verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), Fehlerbalken = Standardabweichung.

Versuche von MIRCK et al. (2015) an Zuckerrübe zeigen, dass auf leichten, sandigen Böden und großflächigen, winderosionsgefährdeten Ackerschlägen in Brandenburg durch Energieholzstreifen (Pappelklon Max 1, 6-jährig) eine Ertragssteigerung bei einer landwirtschaftlichen Kultur möglich ist. In unserer Untersuchung konnte kein positiver Einfluss der Baumstreifen nachgewiesen werden, was vermutlich an den im Vergleich zu Brandenburg günstigeren Standort- und Klimabedingungen liegt (besserer Windschutz schon vor Anbau der Baumstreifen, höhere Niederschläge, höhere nFK). Damit entfaltet die (Wind-)Schutzfunktion der Baumstreifen weniger Wirkung als unter den von MIRCK et al. (2015) beschriebenen Standortbedingungen. Wie Abbildung 2 zeigt, wurde 2013 sowie in der 3-jährigen Auswertungsserie unter Einfluss der Gehölzstreifen ein statistisch gesichertes niedrigeres Hektolitergewicht des Hafers ermittelt, das ein wichtiges, preisrelevantes Qualitätsmerkmal ist. In allen Fällen lag das Hektolitergewicht jedoch über den am Öko-Markt geforderten 54 Kilogramm. Eine abschließende Aussage über die Wirkung von Energieholzstreifen unter bayerischen Standortverhältnissen kann erst nach Auswertung der Reaktionen aller Kulturen im Versuch (Winterweizen, Klee gras) erfolgen.

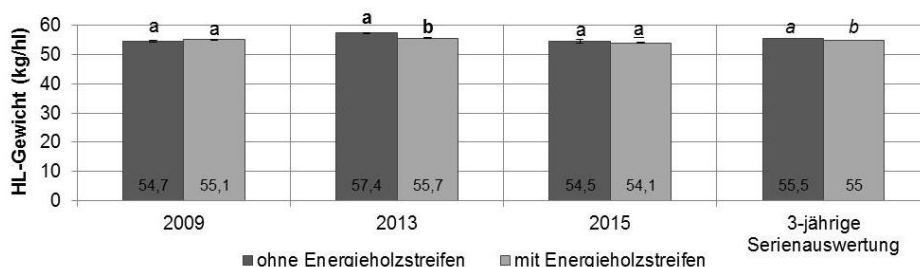


Abb. 2: Mittleres Hektolitergewicht bei Hafer. Verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$), Fehlerbalken = Standardabweichung.

Literatur

- Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) (Hrsg.) (2005): Hecken, Feldgehölze und Feldraine in der landwirtschaftlichen Flur. LfL Information.
- BRUCKHAUS, A.; BUCHNER, W. (1995): Hecken in der Agrarlandschaft: Auswirkungen auf Feldfruchtertrag und ökologische Kenngrößen. Ber. Landw. 73, 435-465.
- Bundessortenamt (Hrsg.) (2000): Richtlinien für die Durchführung von landwirtschaftlichen Wertprüfungen und Sortenversuchen, Landbuch, Hannover.
- MIRCK, J.; KANZLER, M.; BÖHM, C.; FREESE, D. (2016): Sugar beet yields and soil moisture measurements in an alley cropping system. In: Gosme, M. (Ed.): 3rd European Agroforestry Conference – Book of Abstracts, Montpellier, 281-284.
- PRETZSCHEL, M.; BÖHME, G.; KRAUSE, H. (1991): Einfluss von Windschutzpflanzungen auf den Ertrag landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Feldwirtschaft 32, 229-231.

Ertragsbildung und Kornqualität von Waxy-Weizen in Abhängigkeit von der N-Düngung

Sebastian Brinker, Janna Macholdt, Michael Gaudchau, Feng Yan und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I, Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg (BFS), Justus-Liebig-Universität Gießen, 35392 Gießen, Schubertstr. 8. E-Mail: *Bernd.Honermeier@agr.uni-giessen.de*

Einleitung

Der Weizen wird in Deutschland vor allem als Backweizen zur Herstellung von Mehlen für die Backwaren-Industrie und für den Einzelhandel produziert. Daneben wird Weizen auch als Futter-, Ethanol- und Brau-Weizen verwendet. Innerhalb des Nahrungsweizens werden von der Industrie sehr unterschiedliche Gebrauchswerte nachgefragt. So werden bei der Herstellung von Weizenmehl besondere Anforderungen an die Protein- und Stärkebeschaffenheit sowie an die physikalischen Eigenschaften (Wasseraufnahme, Viskosität u. a.) gestellt. Durch Modifizierung der Stärke-Zusammensetzung können diese Eigenschaften deutlich verändert werden.

Die Bildung von Amylose in der Getreidestärke wird durch das Enzym GBSS (granule-bound starch synthase) gesteuert. Nach der Identifikation von homologen Waxy-Genen (Wx-A1, Wx-B1, Wx-D1), die für die GBSS zuständig sind, wurden auch beim Weizen sog. Waxy-Sorten gezüchtet, die sich durch das Fehlen der Amylose (< 1 %) und durch nahezu 100%ige Amylopektin-Gehalte auszeichnen (Zhang et al. 2014, Yoo & Jane 2002). Mit den Mehlen dieser Sorten werden veränderte teigrheologische Eigenschaften erzielt, die für die Produktion von bestimmten Backwaren vorteilhaft sein können.

Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Ertragsstruktur und die Kornqualität von Waxy-Weizen im Vergleich mit bekannten Liniensorten unterschiedlicher Qualität unter dem Einfluss stark variierender N-Düngung zu klären.

Material und Methoden

Im Jahr 2014/15 wurde an den Standorten in Groß-Gerau (Sandboden, AZ: 20-25) und Gießen (schluffiger Ton, AZ: 65) ein zweifaktorieller Parzellenversuch (randomisiert, vier Wiederholungen) durchgeführt. Als Prüffaktoren wurden (A) die N-Düngung mit sechs Prüfstufen: 0, 70, 70+40, 40+70, 70+40+50 und 50+40+70 kg N/ha und (B) die Sorte mit vier Prüfstufen: Waxydie (100 % Amylopektin), JB Asano (A), Axioma (E), Sarmund (C) gewählt. Die N-Düngung erfolgte in Form von KAS. Der Weizen wurde bezüglich der Vorfrucht, Bodenbearbeitung, Aussaatmenge, Saatzeit und der Pflanzenschutzmaßnahmen einheitlich behandelt. Der Nmin-Gehalt des Bodens lag in Gießen bei 63 kg N/ha und in Groß-Gerau bei 15 kg N/ha (0 – 90 cm).

Als Prüfmerkmale wurden erhoben: Triebdichte (DC 30), Ährendichte, Pflanzenlänge, Blattflächen-Indices (BFI), Chlorophyll-Gehalte (SPAD), TKM, Kornerträge. Die Kornqualität wurde mittels NIRS-Analyse (IM 9500, Perten) durchgeführt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte nach dem Modell von PIAF.

Ergebnisse und Diskussion

Der Pflanzenbestand der Weizensorten war am Standort Gießen durch eine Triebdichte (zu DC 30) von minimal 1057 (Axioma) bis maximal 1216 Trieben/m² (Waxydie) gekennzeichnet (GD_{5%} = 86 Triebe/m²). Der BFI variierte zu DC 50 im Mittel der N-Stufen (keine Wechselwirkung N x Sorte vorhanden) von 5,6 (Axioma) bis 8,4 (Waxydie). Die Ährendichte des Weizens war bei der Sorte JB Asano mit 626 Ä./m² signifikant geringer (GD_{5%} = 44 Ä./m²) als bei den Vergleichssorten, die eine Ährendichte von 700 bis 711 Ä./m² erreichten. Die Sorte Waxydie wies im Vergleich zu den anderen Sorten im Mittel der N-Stufen zu allen Messterminen (DC 50, DC 60, DC 70) die geringsten (statistisch gesicherten) Chlorophyll-Gehalte (SPAD-Werte) in den Fahnenblättern auf.

Am Standort Gießen erreichte die Sorte Waxydie einen Kornertrag von 72,3 dt/ha, womit sie den Vergleichssorten JB Asano (89,6 dt/ha), Axioma (80,1 dt/ha) und Sarmund (105,5 dt/ha) signifikant unterlegen war (GD_{5%} = 2,8 dt/ha). Die N-Düngung hatte am Standort Gießen keinen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag des Weizens (GD_{5%} = 7,6 dt/ha). Eine Wechselwirkung N x Sorte wurde nicht festgestellt. Die Kornausbildung war in diesem Versuch sortenspezifisch sehr unterschiedlich. Waxydie bildete die geringsten TKM-Werte (37,7 g) im Vergleich mit Axioma (45,7 g), JB Asano (56,1 g) und Sarmund (47,9 g) aus.

Am Standort Groß-Gerau waren die Ertrags-Unterschiede zwischen den Sorten geringer als in Gießen. Die Sorten Waxydie (57,1 dt/ha) und Axioma (57,1 dt/ha) waren ertragsgleich. Beide Sorten waren den Vergleichssorten JB Asano (63,0 dt/ha) und Sarmund (70,6 dt/ha) unterlegen, jedoch mit geringeren Differenzen als in Gießen. Die Sorte Waxydie wies auch in Groß-Gerau mit 41,8 g signifikant geringere TKM-Werte auf als die Vergleichssorten (Maximum = JB Asano mit 60,2 g).

Die N-Düngung führte erwartungsgemäß zu einer dosis- und terminabhängigen Veränderung der Protein- und Stärkegehalte im Samenkorn des Weizens. Die verwendeten Sorten wiesen ebenfalls deutliche Unterschiede in den Protein- und Stärkegehalten sowie im Anteil an Kleberproteinen auf. Der Waxy-Weizen reagierte bezüglich der Protein- und Stärkegehalte auf die N-Düngung in gleicher Weise wie die konventionellen Weizensorten.

Insgesamt wird festgestellt, dass die Waxy-Weizensorte Waxydie bezüglich des Ertragsbildungstyps als Bestandestyp (hohe Triebdichte, geringe TKM-Werte) eingeordnet werden kann. Die Sorte wird ausschließlich im geschlossenen Vertragsanbau genutzt, wo sie auf Grund der modifizierten Stärkeeigenschaften zur Herstellung von Spezialmehlen verwendet wird. Teige, die mit dem Mehl von Waxy-Weizen hergestellt werden, können eine höhere Spitzenviskosität und ein verändertes Klebeverhalten aufweisen (Yoo & Jane 2002). Darüber hinaus werden eine bessere Wasserbindung, eine kürzere Teigentwicklungszeit und bessere Dehnbarkeit als positive Eigenschaften hervorgehoben (Zhang et al. 2014). Das Mischen von normalem Backweizenmehl mit Waxy-Weizenmehl kann eine Möglichkeit darstellen, um die daraus hergestellten Produkte bezüglich Qualität und Haltbarkeit zu verbessern.

Literatur

- Zhang, H., Zhang, W., Xu, C., Zhou, X. (2014): Studies on the rheological and gelatinization characteristics of waxy wheat flour. *Int. J. Biol. Macromolecules*, 64, 123-129.
- Yoo, S.H., Jane, J.L. (2002): Structural and physical characteristics of waxy and other wheat starches. *Carbohydrate Polymers*, 49 (3): 297-305.

Topfkräuter- und Jungpflanzenanzucht in torffreien Substratmischungen

Mira Dankowsky, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover. Email: dankowsky@gem.uni-hannover.de

Einleitung

Um ein optimales Pflanzenwachstum zu gewährleisten, werden im Gartenbau hauptsächlich Substrate auf Torfbasis genutzt, da Torf besonders günstige physikalische, chemische und biologische Eigenschaften besitzt. Jedoch stellt Torf eine endliche Ressource dar und der Abbau von Torf setzt CO₂ und Methan frei. Es stellt sich somit die Frage, ob Ersatzsubstrate bzw. Substratmischungen aus regenerativen Materialien zur Verfügung stehen, die möglichst ohne Torf oder zumindest torfreduziert eine sichere Produktion im Gartenbau ermöglichen.

In diesem Projekt wurden torffreie Substratmischungen auf ihre physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften zur Anzucht von Chinakohl (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*) und Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) getestet. Als Ausgangsstoffe wurden Kokosmark, Holzfasern, Grünschnittkompost, Perlit und Sphagnum verwendet und in unterschiedlichen Verhältnissen miteinander kombiniert, sodass letztendlich 5 torffreie Substratmischungen getestet wurden. Dabei wurde die Intention verfolgt, den Anteil an Kokosmark gering ($\leq 50\%$) zu halten, bzw. zwei Substrate ohne Kokosmark zu testen, da die Verwendung von Kokosmark aufgrund hoher Transport- und Aufbereitungskosten in der Kritik steht (Abad et al., 2005). Weiterhin wurden zwei Extremvarianten mit jeweils 50% Kokosmark und Perlit bzw. 50% Holzfasern und Perlit zur Anzucht verwendet.

Material und Methoden

In einem Gewächshausversuch am Versuchsstandort Hannover wurde in 5 torffreien Substraten, bestehend aus Mischungen aus Kokosmark, Holzfasern, Grünschnittkompost, Perlit und Sphagnum, Chinakohl (*Brassica rapa* subsp. *pekinensis*) und Basilikum (*Ocimum basilicum* L.) kultiviert. Die Zusammensetzung der einzelnen Mischungen kann Tab. 1 entnommen werden. Als Kontrolle wurde reiner Fräßtorf eingesetzt. Vor und nach der Mischung der Einzelkomponenten wurde eine chemische Analyse durchgeführt, wodurch alle Substrate gleichmäßig aufgedüngt und gekalkt werden konnten. Des Weiteren wurden physikalische Eigenschaften jedes Substrats nach DIN EN 13041 bestimmt.

Tab. 1 Mischungsverhältnisse einzelner Substratkomponenten. Angabe in Prozent (%).

Name	Torf (%)	Kokosmark (%)	Kompost (%)	Holzfasern (%)	Perlit (%)	Sphagnum (%)
Torf	100					
KkKoHo		50	15	35		
KkPe		50			50	
KkHoPe		30		20	50	
KoHoPeSp			15	35	20	30
HoPe				50	50	

In einer vollständig randomisierten Blockanlage wurden pro Kultur 4 Wiederholungen mit je 4 Auswertungsterminen angelegt, wobei die Gemüsejungpflanzen in Trays mit jeweils 35 Pflanzen und die Topfkräuter in 11er Töpfen mit 25 Samen/Topf 6 bzw. 7,5 Wochen lang angezogen wurden. Die Substrate wurden während des Versuchs auf

80% Wasserkapazität gehalten, um eine optimale Wasserversorgung der Pflanzen zu gewährleisten. Das Auflaufverhalten wurde dokumentiert.

Der erste Auswertungstermin erfolgte 2 Wochen nach Aussaat. Bei den Gemüsejungpflanzen wurden in jeder Wiederholung 15 Pflanzen pro Tray und Auswertungstermin beurteilt. Hierbei wurden das Frisch- und Trockengewicht, die Blattfläche und –länge, die Blattanzahl, sowie die Wurzellänge und –dichte bestimmt. Bei den Topfkräutern wurden pro Auswertungstermin und Wiederholung 6 Töpfe ausgewertet. Zusätzlich zu den genannten Parametern wurde die Anzahl der Pflanzen, sowie die Pflanzenhöhe ermittelt.

Nach Ende des Gewächshausversuchs wurde das Anwachsen der Gemüsejungpflanzen im Feld dokumentiert. Dabei wurde die Frisch- und Trockenmasse, die Blattfläche und –länge, die Blattanzahl, sowie Wurzellänge- und dichte bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Mit der Mischung unterschiedlicher Substratkomponenten konnten für Gemüsejungpflanzen und Topfkräuter ähnliche Wachstumserfolge verzeichnet werden, wie bei der Anzucht in Torf. Es konnte gezeigt werden, dass sowohl Chinakohl als auch Basilikum die größte Blattfläche, sowie Frisch- und Trockenmasse in Torf bildeten, wobei mit den Substraten, die Kompost enthielten, ähnliche Ergebnisse erzielt werden konnten. Sowohl die Blattflächen, als auch die Frisch- und Trockenmassen waren in den Substratgemischen, die 50% Perlit enthielten, am geringsten. Die geringste Frisch- und Trockenmasse wurde in dem Substratgemisch aus Holz und Perlit festgestellt, was auf eine schwache Wasserhaltefähigkeit dieses Substrats zurückgeführt werden kann.

In weiteren Versuchen sollen die Durchwurzelungsdichte und Ballenstabilität der Substrate getestet werden. Außerdem wird das Anwachsverhalten von Chinakohl auf dem Feld sowie das „Shelf-life“ von Basilikum bewertet, um eine ganzheitliche Überprüfung der Substratmischungen zu gewährleisten.

Danksagung

Wir danken dem Niedersächsischen Ministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die finanzielle Förderung des Projekts.

Quellen

Abad, M., Fornes, F., Carrión, C., Noguera, V., Noguera, P., Maquieira, Á., Puchades, R., 2005. Physical properties of various coconut coir dusts compared to peat. HortScience 40, 2138–2144.

Inkulturnahme und Qualitätsverbesserung von Minze-Arten mit speziellen Aromen und Wirkstoffen in Hessen

Kathrin A. Göbel und Bernd Honermeier

Justus-Liebig-Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und –züchtung I, Professur für Pflanzenbau.
E-Mail: Kathrin.A.Goebel@ernaehrung.uni-giessen.de

Einleitung

Die Minze (*Mentha* sp.) ist eine wichtige Arznei- und Gewürzpflanze aus der Familie der Lamiaceae. Zu dieser Gattung zählen 23 Arten und 15 Hybriden, was auf eine große Diversität schließen lässt (LAWRENCE 2007). Als Arzneipflanze findet der Trippelbastard Pfefferminze (*Mentha x piperita* L.) Verwendung, wobei Menthol der wertgebende Inhaltsstoff ist. Die getrockneten, ganzen oder geschnittenen Laubblätter (*Menthae piperitae folium*) oder das mittels Wasserdampfdestillation gewonnene ätherische Öl (*Menthae piperitae aetheroleum*) werden als Droge verwendet (PH. EUR. 7 2011). Zur medizinischen Anwendung kommt *Menthae piperitae folium* bei der symptomatischen Behandlung des Reizdarmsyndroms und bei Verdauungsstörungen. Die äußerliche Anwendung von *Menthae piperitae aetheroleum* wird beim Auftreten von Kopf- und Muskelschmerzen empfohlen (WORLD HEALTH ORGANIZATION 2002). Traditionell werden auch Husten, Katarrh, Ruhr, Fieber, Gelbsucht oder Harnwegsinfektionen mit Pfefferminze behandelt (PANK et al. 2013).

Menthol wird zudem in hohem Maße in der Kosmetik- (z.B. für Zahnpasta oder Cremes), der Pharma- (für die Geschmacksverbesserung von Medikamenten) oder der Lebensmittelindustrie (z.B. als Aroma in Kaugummis) nachgefragt. Zur reinen Menthol-Gewinnung können neben der Pfefferminze auch andere Minze-Arten, wie beispielsweise die Grüne Minze (*Mentha spicata* L.) oder die Ackermintze (*Mentha arvensis* L.), genutzt werden.

Ein weiterer wichtiger Verarbeitungssektor ist die Teeindustrie. Für die Nutzung als Tee eignen sich prinzipiell alle Minze-Arten, die besondere oder wohlschmeckende Aromen aufweisen. Dazu zählt vor allem die Rundblättrige Minze (*Mentha suaveolens* Ehrh.). Als besondere Aroma-Minzen ergeben sich bei dieser Art zum Beispiel Erdbeer-, Schoko-, Ananas- oder auch Apfelminzen. Daneben werden auch Grüne Minzen oder besondere Pfefferminzen für die Teeproduktion verwendet (WCSP – THE PLANT LIST 2010).

Projekt „Aroma-Minze Hessen“

Beim Projekt „Aroma-Minze Hessen“ werden in Zusammenarbeit zwischen der Justus-Liebig-Universität Gießen, Lehrstuhl für Pflanzenbau, der agrimed Hessen w. V. Hessische Erzeugergemeinschaft für Medizinal- und Gewürzpflanzen und der Marketinggesellschaft „Gutes aus Hessen“ e. V. Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zum Anbau und zur Verwertung von verschiedenen Minze-Arten in Hessen durchgeführt. Das Projekt ist auf vier Jahre (bis Ende 2019) ausgelegt. Dabei werden als Alternativen zum bisher üblichen Anbau von Pfefferminze einerseits Sorten mit erhöhtem Menthol-Gehalt, andererseits weitere Minze-Arten und -Varietäten mit speziellen Aromen auf ihre Anbauwürdigkeit und ihre Inhaltsstoffe hin geprüft. Als Resultat sollen zukünftig Varietäten der Minze

zur Verfügung stehen, die sich durch hohe Menthol-Gehalte oder durch spezielle Aromen auszeichnen und in der Region selbst erzeugt werden können.

Arbeits- und Versuchsprogramm

Im Jahr 2016 wird in einer Versuchsstation der Justus-Liebig-Universität Gießen (Weilburger Grenze; schluffiger Tonboden) ein Screening von über 100 Minze-Akzessionen durchgeführt, um Minzen mit besonderen Inhaltsstoffgehalten und guten Wachstumseigenschaften zu selektieren. Die Akzessionen wurden zuvor im Gewächshaus vegetativ vermehrt, in Plastiktöpfen kultiviert und anschließend akklimatisiert. Die Pflanzen wurden im Mai 2016 ausgepflanzt.

Als Prüfmerkmale werden die Pflanzenlänge, die Krankheitsanfälligkeit, die Charakterisierung des Phänotyps, der Blattertrag, das Blatt-Stängel-Verhältnis sowie der Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls erfasst. Die Gewinnung des ätherischen Öls erfolgt per Wasserdampfdestillation nach dem Europäischen Arzneibuch, die Analyse der enthaltenen Komponenten wird mittels Gaschromatographie durchgeführt. Darüber hinaus sind sensorische Prüfungen der Minze-Akzessionen vorgesehen.

In den Folgejahren werden aussichtsreiche Varietäten ausgewählt, vermehrt und weiteren agronomischen Prüfungen unterzogen. Zusätzlich ist ein Pilotanbau vorgesehen, in dem leistungsfähige und qualitativ aussichtsreiche Varietäten in der Praxis getestet und anschließend von der agrimed Hessen w. V. verarbeitet und vermarktet werden.

Daneben werden in den zwei Versuchsstationen (Gießen und Groß-Gerau) weitere Versuche angelegt, in denen der Einfluss von bestimmten Wachstumsfaktoren wie die zusätzliche Wasserversorgung, die N-Düngung oder der Schnitttermin untersucht werden.

Literatur

- LAWRENCE, Brian M. (2007): Mint. The genus *Mentha*. Vol. 44. CRC-Press, Taylor & Francis-Group.
- PANK, F.; HOPPE, B.; BLASCHEK, W.; BOMME, U.; HAMMER, K.; SCHLIEPHAKE, E.; SCHMATZ, R. (2013): Pfefferminze (*Mentha x piperita*). In: Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus : Arznei- und Gewürzpflanzen L - Z. Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen SALUPLANTA e.V. Bernburg: Eigenverl. d. Vereins für Arznei- und Gewürzpflanzenbau SALUPLANTA e.V.
- PH. EUR. 7 (2011): Monographie Melissenblätter. In: Europäisches Arzneibuch. 7. Ausgabe. Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, S. 1799-1800.
- WORLD CHECKLIST OF SELECTED PLANT FAMILIES. The Plant List (2010): <http://www.theplantlist.org/browse/A/Lamiaceae/Mentha/>
- WORLD HEALTH ORGANIZATION (Hg.) (2002): WHO monographs on selected medicinal plants. World Health Organization. 2. Aufl. Geneva.

Charakterisierung der Rosmarinsäuregehalte von Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) unter dem Einfluss reduzierter Belichtung und unterschiedlicher Erntetermine

Kathrin A. Göbel, Marco Russo und Bernd Honermeier

Justus-Liebig-Universität Gießen/Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I/Professur für Pflanzenbau, Gießen. E-Mail: Kathrin.A.Goebel@ernaehrung.uni-giessen.de

Einleitung

Die Zitronenmelisse (*Melissa officinalis* L.) ist eine wichtige Arznei- und Gewürzpflanze aus der Familie der Lamiaceae. Als Anwendungsgebiete werden nervös bedingte Einschlafstörungen, funktionelle Magen-Darm-Beschwerden sowie Herpeserkrankungen beschrieben (KOMMISSION E 1984). Die Zitronenmelisse gilt als beruhigend, krampfstillend, karminativ, antimikrobiell und antiviral (BOMME 2001; WEISS und FINTELMANN 1991). Ein wertgebender Inhaltsstoff ist die Rosmarinsäure, für die nach dem Europäischen Arzneibuch ein Mindestgehalt von 1 % vorgeschrieben ist (BOMME et al. 2013; PH. EUR. 7 2011). Der Gehalt dieses wertgebenden Inhaltsstoffes ist von vielen Parametern abhängig (BOMME et al. 2013). Ziel der Untersuchung war es daher, den Einfluss einiger Parameter auf die Rosmarinsäuregehalte der Zitronenmelisse zu analysieren.

Material und Methoden

In einem Feldversuch wurde im Jahr 2014 in der Versuchsstation Groß-Gerau (Sandboden) in zwei Aufwüchsen der Einfluss der Prüffaktoren Licht, Sorte und Schnitttermin auf den Rosmarinsäuregehalt der Zitronenmelisse untersucht. Der Versuch wurde in zwei Großparzellen aufgeteilt. In einer Großparzelle lag natürliche Belichtung vor, in der anderen wurde die Belichtung mit Hilfe von Vogelschutznetzen um 7,3 % vermindert. Es wurden die Sorten „Aufrechter Typ“, „Lemona“ und „NLC“ zu drei verschiedenen Schnittterminen pro Aufwuchs analysiert.

Die Zitronenmelisse wurde von Hand geerntet und anschließend bei 40 °C getrocknet.

Zur Bestimmung des Rosmarinsäuregehaltes wurden aus Blattproben ethanolische Extrakte hergestellt und diese mit der HPLC nach dem Europäischen Arzneibuch analysiert (PH. EUR. 7, 2011).

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen natürlicher Belichtung und Beschattung bestanden keine signifikanten Unterschiede. Das könnte durch die relativ geringe Beschattung von 7,3 % erklärt werden. Wenn sich die Ergebnisse bestätigen, könnten Schädlingsschutznetze, die zu geringer Beschattung führen, im Anbau der Zitronenmelisse verwendet werden, ohne dass mit einer Verminderung der Rosmarinsäure-Gehalte gerechnet werden müsste.

Die Sorten hingegen unterschieden sich signifikant voneinander: „NLC“ wies beim ersten Aufwuchs die höchsten Rosmarinsäuregehalte auf, beim zweiten Aufwuchs war es die Sorte „Aufrechter Typ“. „Lemona“ lag im Mittelfeld und zeigte die geringsten Schwankungen. Alle Sorten übertrafen den geforderten Mindestgehalt von 1 % bei weitem.

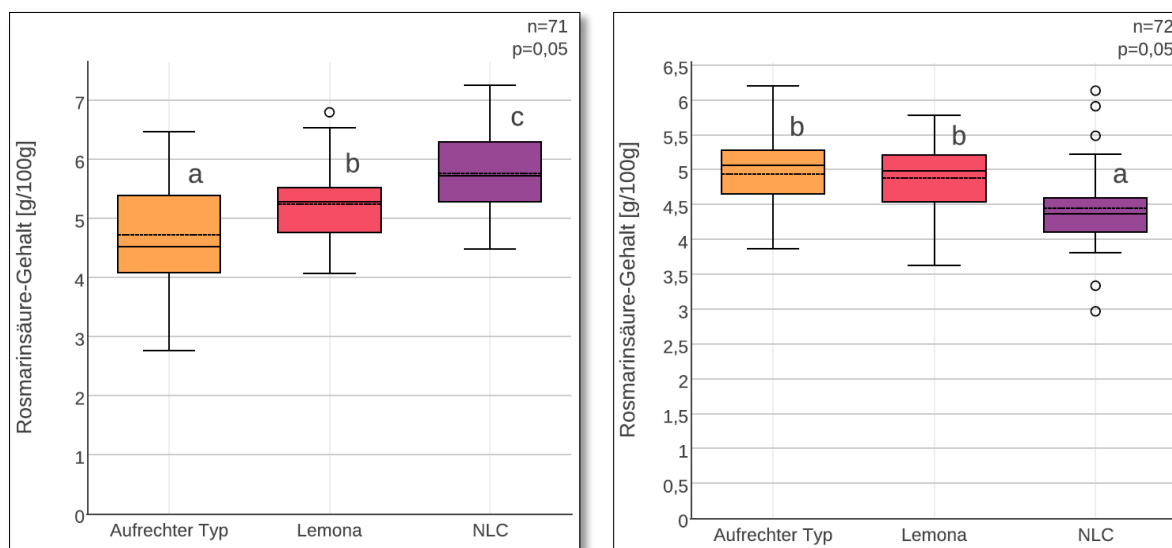


Abb.1: Rosmarinsäuregehalte in den Blättern von drei Zitronenmelisse-Sorten, links: erster Aufwuchs, rechts: zweiter Aufwuchs, Groß-Gerau 2014.

Außerdem konnten jeweils zum frühen Schnitttermin die höchsten Rosmarinsäuregehalte erzielt werden. Das Entwicklungsstadium der Pflanzen ist hier von entscheidender Bedeutung: für optimale Ergebnisse sollte die Melisse vor Knospenansatz und bei einer maximalen Höhe von 40 cm geerntet werden. Ansonsten kommt es zu einem verminderten Blattanteil. Dies ist nachteilig, da sich die Inhaltsstoffe in den Blättern der Zitronenmelisse befinden (BOMME 2001; BOMME et al. 2013).

Literatur

- BOMME, U. (2001): Kulturanleitung für Zitronenmelisse. 4. Grundlegend überarbeitete Aufl. Freising: Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.
- BOMME, U.; HONERMEIER, B.; HOPPE, B.; KITTLER, J.; LOHWASSER, U. UND MARTHE, F. (2013): Handbuch des Arznei- und Gewürzpflanzenbaus. Bd. 5. Bernburg: Eigenverlag Verein für Arznei- und Gewürzpflanzen SALUPLANTA e.V.
- KOMMISSION E (1984): *Melissae folium*. Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte.
- PH. EUR. 7 (2011): Monographie Melissenblätter. In: Europäisches Arzneibuch. 7. Ausgabe. Stuttgart: Deutscher Apotheker Verlag, S. 1799-1800.
- WEISS, R. UND FINTELMANN, V. (1991): Lehrbuch der Phytotherapie. 11. Aufl. Stuttgart: Hippokrates Verlag.

Etablierung einer nachhaltigeren und umweltverträglicheren Weizen-Wertschöpfungskette – Vorstellung eines Projektvorhabens

Julia Klussmann¹, Ludger Linnemann² und Bernd Honermeier¹

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*

Hintergrund

Die Entwicklung einer nachhaltigen Landwirtschaft in Deutschland schließt u. a. die Verringerung der N-Salden in den landwirtschaftlichen Betrieben und die Verbesserung der N-Effizienz der Kulturpflanzen mit ein (Zapf & Schultheiß 2013). Obwohl sich die N-Effizienz in Deutschland in den vergangenen Jahren auf Werte von 0,35 bis 0,40 dt GE je kg N leicht verbessert hat, konnte der angestrebte N-Überschuss von maximal 60 kg N/ha (3-jähriges Mittel im Jahr 2013 = 67 kg N/ha) noch nicht erreicht werden (DLG 2016). In bestimmten Ackerbauregionen, wie z. B. in Schleswig-Holstein, werden auch höhere N-Salden von 74,2 kg N/ha erzielt (Taube & Kehm 2007).

Innerhalb der Pflanzenproduktion stellt der Anbau von Backweizen ein anspruchsvolles und intensiv geführtes Anbauverfahren dar, in dem die N-Düngung nicht nur nach dem zu erwartenden N-Entzug durch den Weizenbestand, sondern auch nach den angestrebten Proteingehalten und -qualitäten in den Samenkörnern ausgerichtet ist.

Bei hohem N-Düngungsniveau und mangelnder N-Ausnutzung der Pflanzen, insbesondere bei späten N-Gaben, können auch beim Weizen höhere N-Restmengen nach der Ernte auftreten (Goulding et al. 2000). Zur Verbesserung der N-Effizienz von Weizen werden neben der Züchtung verbesserter Sorten, vor allem Maßnahmen zur Optimierung der N-Düngung (N-Düngerform, Injektionsverfahren, zeitliche N-Verteilung) diskutiert und untersucht.

Das Backvolumen (RMT) eines Weizenmehles wird nur teilweise durch den Proteingehalt im Samenkorn beeinflusst. Weitere wichtige Einflussgrößen sind die Stärkestruktur, der Ausmahlungsgrad der Mehle sowie die Struktur und Aggregation des Klebers. Daraus folgt, dass gute RMT-Backvolumina auch mit mittleren Proteingehalten und bei leicht reduzierter N-Düngung erreicht werden könnten. Um diese Zusammenhänge besser nutzen zu können, erscheint die Anwendung eines optimierten Backtests sinnvoll, mit dem die Kleberqualität des Weizens besser berücksichtigt werden kann (Linnemann 2013).

Ziel des Vorhabens ist es, in Hessen ein Weizenproduktionssystem zu etablieren, das die Weizenqualität nach modifizierten Methoden bewertet und eine gute Backqualität des Weizens bei verminderter N-Düngung sicher stellen soll. Anhand von prüffähigen Nachhaltigkeits-Kriterien sollen Indikatoren etabliert werden, die bis zur Auslobung, z.B. einer Marke, weiterentwickelt werden können.

Projekt

An dem Projektvorhaben sind folgende Partner beteiligt: JLU Gießen (Professur für Pflanzenbau), Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V.

Darmstadt, H. Thylmann GmbH & Co. KG Kilianstädtermühle, MGH Gutes aus Hessen GmbH sowie neun landwirtschaftliche Betriebe aus Hessen. Mit dieser Zusammensetzung sollen wichtige Stufen der Wertschöpfungskette zur Produktion von Weizenmehl abgedeckt werden. Mit den beteiligten landwirtschaftlichen Betrieben wurden Restriktionen für den Anbau des Weizens festgelegt, u. a. die zu verwendenden Sorten (Kerubino, RGT Reform, JB Asano) und die N-Düngung (max. 170 kg N/ha). Auf zwei der neun Betriebe wird ein Weizendüngungsversuch mit drei unterschiedlichen Varianten durchgeführt. Nach der Ernte werden alle Weizenpartien in der Mühle in einem separaten Silo gelagert. Das daraus erzeugte Mehl wird an regionale Bäckereien veräußert, die das Mehl zu einem „Grundwasserschutz-Brot“ verbacken und dieses speziell vermarkten.

Arbeits- und Versuchsprogramm

Im Rahmen des laufenden Projektes wurden im Herbst 2015 zwei Parzellenversuche und zwei Praxisversuche angelegt und der Praxisanbau in den Betrieben nach entsprechenden Vorgaben etabliert. Die Praxisflächen befinden sich in der Wetterau (Parabraunerde, sandiger Lehm bis Löß-Lehm, Ackerzahl 68 - 85, lgj. Mittel: 670 mm, 9,5 °C). Die beiden Ackerschläge, auf denen der N-Düngungsversuch durchgeführt wird, liegen in Rosbach (Parabraunerde, Lößlehm, Ackerzahl 68, Sorte: RGT Reform, Aussaat: 18.10.2015, 330 Körner/m², Vorfrucht: Winterweizen) und in Münzenberg (Parabraunerde, Lößlehm, Ackerzahl 82, Sorte: JB Asano, Aussaat: 10.10.2015, 360 Körner/m², Vorfrucht: Kartoffeln). Der Praxisversuch zur N-Düngung beinhaltet drei verschiedene Varianten, die betriebsübliche N-Düngung des Landwirtes, eine reduzierte N-Düngung (max. 170 kg N/ha) nach Vorgaben durch den Versuchsansteller und die Sensor-gestützte N-Düngung (Crop Sensor Isaria, Claas).

Während der Vegetationsperiode des Weizens werden in allen Versuchen und Varianten relevante Pflanzenparameter (LAI, Chlorophyllgehalt, Vegetationsindex, Ähren/m², Pflanzenlänge, Krankheits-Befall) erfasst. Des Weiteren werden der Korn- und Strohertrag des Weizens sowie die Nmin-Gehalte des Bodens nach der Ernte gemessen. Mit den Weizenproben werden nach der Ernte äußere Kornmerkmale (TKM, HLG, Fusarium-Befall) sowie indirekte Parameter der Backqualität (Proteingehalt, Fallzahl, Sedimentationswert, Gluten-Gehalt) bestimmt. Daneben werden die Mehle aller Weizenproben mithilfe des Optimierten Back-Tests untersucht. Die Ergebnisse der Untersuchungen werden mit allen Projektbeteiligten (inkl. Landwirte) ausgewertet und in geeigneten Fach-Medien publiziert.

Literatur

- DLG (2016): DLG-Nachhaltigkeitsbericht 2016. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft.
- Goulding, K.W.T., Poulton, P.R., Webster, C.P., Howe, M.T. (2000): Nitrate leaching from the broadbalk wheat experiment, Rothamsted, UK, as influenced by fertilizer and manure inputs and the weather. *Soil use and water*, 16, 4, 244-250.
- Linnemann, L. (2013): Direkte und indirekte Verfahren zur Bestimmung der Mehlqualität von Öko-Weizensorten. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Bonn, S. 366-369.
- Taube, F., Kehm, M. (Hrsg.) (2007): Ergebnisse des Projektes Compass. 2. Aufl., CAU Kiel
- Zapf, R., Schultheiß, U. (2013): Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Betriebe. Fachartikel, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft e.V., Darmstadt

Landwirtschaft in der Wüste – Entwicklung eines Anbau- und Bewässerungssystems für die alte Körnerfrucht Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in Ägypten

L. Mack¹, S. Munz¹, W. Claupein¹, S. F. Hendawy², A. Hofmann³, A. Höping⁴
und S. Graeff-Hönninger¹

¹ Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fg. Allgemeiner Pflanzenbau, Stuttgart; ² Nationales Forschungszentrum, Abteilung für Heilpflanzen, Giza; ³ Sekem Group, Kairo; ⁴ Davert GmbH, Ascheberg. E-Mail: laura.mack@uni-hohenheim.de

Einleitung

Die Landwirtschaft in Ägypten verbraucht mit 85% den größten Anteil der Gesamtwassernachfrage [4] im Land. Politiker fordern daher eine größere Effizienz bei der Bewässerung und den Anbau wassereffizienter Kulturpflanzen mit hohen Einnahmen auf internationalen Märkten [3]. Quinoa ist eine trockentolerante Pflanze, die verglichen mit anderen Getreidearten gesundheitsfördernde Eigenschaften besitzt und zurzeit als so genanntes „Superfood“ für die menschliche Ernährung eine Renaissance erlebt [1; 2]. Quinoa hat das Potenzial, die Ernährungssicherheit in Regionen mit beschränkter Wasserverfügbarkeit zu verbessern [3]. Erste Feldversuche wurden bereits durchgeführt, um Quinoa in Ägypten zu kultivieren. Bisher fehlen jedoch agronomische Maßnahmen für einen effizienten Anbau. Zielsetzung der Arbeit ist (i) praktikable Anbau- und Bewässerungsempfehlungen für die Optimierung des Kornertrages und der Kornqualität zu erarbeiten, sowie (ii) die Wechselwirkungen zwischen Trockenstress, Pflanzenwachstum und Kornqualität zu beschreiben.

Material und Methoden

Eine saponin-freie Quinoasorte wurde am 10.09.2015 in Ägypten auf der Sekem-Hauptfarm Adleya im Gouvernement Al Sharkeja (30.42°N 31.64°E) von Hand ausgesät. Während der Vegetationsperiode lagen die Temperatur am Standort im Durchschnitt bei 22.25 °C, die Luftfeuchtigkeit bei 61% und die Evaporation bei 4.05 mm pro Tag. Die Tageslänge variierte zwischen 12.54 und 10.20 Stunden. Der Versuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier verschiedenen Bewässerungsstufen (IL) und drei Wiederholungen in Doppelreihen auf Dämmen (34x1 m) angelegt. Die Pflanzdichte betrug vier Pflanzen pro Quadratmeter. Die Bodenart war Sand und die Vorfrucht war Weizen. Vor der Aussaat wurde mit 3000 l Vinasse (1.1% N_t, 0.5% P_t, 0.23% K_t davon 564 ppm NO₃, 124 ppm NH₄, 245 ppm P, 134 ppm K_{verfügbar}) gedüngt. Alle Pflanzen wurden bis zum 15.10.2015 (14-16 Blattstadium) mit 40 l qm⁻¹ d⁻¹ über Tröpfchenbewässerung unter schwarzer Mulchfolie bewässert. Die entsprechenden Wassermengen pro Bewässerungsstufe wurden über die Anzahl der Tage mit Bewässerung variiert (Tabelle 1). Nach einer Vegetationsdauer von 111 Tagen wurde Quinoa von Hand geerntet, auf dem Feld getrocknet, ausgedroschen und der Kornertrag pro Hektar erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Kornerträge der unterschiedlichen Bewässerungsstufen und die Wasserkosten sind in Tabelle 1 aufgezeigt. Der höchste Kornertrag mit 1882,24 kg ha⁻¹ wurde in der Behandlung IL 1 erzielt, danach folgten die Bewässerungsstufe IL 2 mit 1868,27 kg ha⁻¹ (- 1%) und IL 3 mit 1766,10 kg ha⁻¹ (- 6%). Die Stufe IL 4 hatte mit 1486,67 kg ha⁻¹ das niedrigste Ertragsniveau (- 21%). Analog dazu verhielten sich die Wasserkosten. Die Kosten von IL 1 waren mit 624 € ha⁻¹ am höchsten. Die Kosten von IL 4 waren mit 156 € ha⁻¹ am niedrigsten (- 75%) (Tabelle 1). Die Wasserkosten pro Korn (€ kg⁻¹) von IL 1 beliefen sich auf 0,33 € kg⁻¹, die von IL 2 auf 0,17 € kg⁻¹ (- 50%) und die von IL 3 auf 0,12 € kg⁻¹ (- 66%). Die Kosten reduzierten sich bei IL 4 um 75% (Tabelle 1).

Tab. 1: Darstellung der Kornerträge von Quinoa und der Wasserkosten in Anhängigkeit der Bewässerungsstufe

Bewässerungsstufe (IL)	Bewässerungstage (d)	Wassermenge (10 ⁶ l ha ⁻¹)	Wassermenge (mm)	Kornertrag (kg ha ⁻¹)	Wasserkosten* pro kg Korn (€ kg ⁻¹)
1 (sehr hoch)	32	12,8	1280	1882	0,33
2 (hoch)	16	6,4	640	1868	0,17
3 (moderat)	11	4,4	440	1766	0,12
4 (niedrig)	8	3,2	320	1487	0,10

* Kosten 5 * 10⁻⁵ € pro Liter Wasser

Aufgrund der bisher gewonnenen Ergebnisse könnten die derzeitig standardmäßig eingesetzte Bewässerungsmenge und die damit verbundenen Kosten ohne nennenswerte Ertragsverluste um 50 % reduziert werden. Für eine abschließende Empfehlung zum Bewässerungs-Management werden weitere Versuche an verschiedenen Standorten im Nildelta durchgeführt.

Literatur

- [1] Abugoch James, Lilian E. 2009. "Chapter 1 Quinoa (Chenopodium Quinoa Willd.): Composition, Chemistry, Nutritional, and Functional Properties." In *Advances in Food and Nutrition Research*, edited by Steve L. Taylor, Volume 58:1–31. Academic Press.
- [2] Arendt, Elke K., and Emanuele Zannini. 2013. "12 - Quinoa." In *Cereal Grains for the Food and Beverage Industries*, edited by Elke K. Arendt and Emanuele Zannini, 409–38. Woodhead Publishing.
- [3] Kijne, Jacob W. 2006. "Abiotic Stress and Water Scarcity: Identifying and Resolving Conflicts from Plant Level to Global Level." *Preparing Rice for a Water-Limited Future: From Molecular to Regional Scale*. International Rice Research Congress 97 (1): 3–18. doi:10.1016/j.fcr.2005.08.011.
- [4] Sušnik, Janez, Lydia S. Vamvakieridou-Lyroudia, Dragan A. Savić, and Zoran Kapelan. 2012. "Integrated System Dynamics Modelling for Water Scarcity Assessment: Case Study of the Kairouan Region." *Integrated Modelling and Monitoring at Different River Basin Scales under Global Change* 440 (0): 290–306. doi:10.1016/j.scitotenv.2012.05.085.

Abschätzung des Eiweißgehaltes im Blatt feinsamiger Leguminosen auf Basis des Eiweißgehaltes in der ganzen Pflanze

Hendrik Sommer

ESCON Business KG, Frankenberg (Eder). E-Mail: hendrik.sommer@escon.biz

Einleitung

Bislang spielt die Verwendung von Grünleguminosen in Futterrationen für Schweine eine untergeordnete Bedeutung. Mit den Ergebnissen aus dem Projekt 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten,“ konnte gezeigt werden, dass in der Blattmasse der untersuchten Arten (Luzerne (*Med. sativa*), Weißklee (*Trif. repens*), Rotklee (*Trif. pratense*), Inkarnatklee (*Trif. incarnatum*) und Perserklee (*Trif. resupinatum*)) generell höhere Konzentrationen an *In vitro*-verdaulichem Rohprotein im Vergleich zur Ganzpflanze vorliegen. Die Ergebnisse korrespondieren mit den Ergebnissen der Studien zum Verhältnis von Blattanteil zum Stängelanteil bei der Luzerne von JUNG et al. (1997) und POPOVIC et al. (2001). POPOVIC et al. (2001) konnten zeigen, dass bei einer Fraktionierung von Blatt- und Stängelmasse mittlere Rohproteinkonzentrationen von 164,5 g kg TM⁻¹ in der Stängelmasse und von 346,8 g TM⁻¹ in der Blattmasse möglich sind. Allerdings kann bislang der Rohproteingehalt sowie die Qualität des Rohproteins der Blattmasse erst festgestellt werden, wenn aus einer vorhandenen Ganzpflanze Blattmasse hergestellt und diese dann analysiert wird. Der vorliegende Beitrag soll die Frage klären, ob auf Basis der Futtermittelanalyse der Ganzpflanze eine Aussage über die Qualität der Blattmasse erfolgen kann. Der Vorteil wäre, dass so noch vor der Verarbeitung entschieden werden kann, zu welchen Endprodukten eine bestimmte Charge an Grünpflanzenmaterial verarbeitet werden soll. Die Lösung des Problems konnte durch die Entwicklung entsprechender Regressionsgleichungen auf Basis der linearen Regression erzielt werden.

Material und Methoden

Es wurden Bestände (4 Sorten) auf Flächen des LFL Bayern, der Domäne Frankenhausen sowie des BFHI Waldeck-Frankenberg e.V. geerntet. Die Ernteproben wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Ein Teil der Proben wurde in Blatt- und Stängelfraktion getrennt (vgl. SOMMER und SUNDRUM 2015). Die Rohprotein- und Aminosäurebestimmung erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) auf Basis einer im Rahmen des Projektes 11OE055 erstellten Kalibration für Futterleguminosen. Die Daten wurden mittels linearer Regressionsanalyse verrechnet. Für Luzerne, Rotklee und Weißklee wurde jeweils eine Regressionsgleichung ermittelt, auf deren Basis der Rohproteingehalt in den Blättern geschätzt werden kann.

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass der Rohproteingehalt in der Blattmasse auf Basis des Gehaltes in der ganzen Pflanze mit Hilfe einer linearen Regressionsgleichung zwar abschätzen lässt, allerdings sind die Schätzwerte nicht hinreichend genau. Die Streuung der Daten, auf denen die Berechnung der linearen Regression basiert, war

hier zu groß, um die residuale Abweichung vom Schätzwert gering zu halten. Dennoch zeigt sich, dass der Rohproteingehalt im Blatt umso höher ist, je höher er auch in der ganzen Pflanze ist.

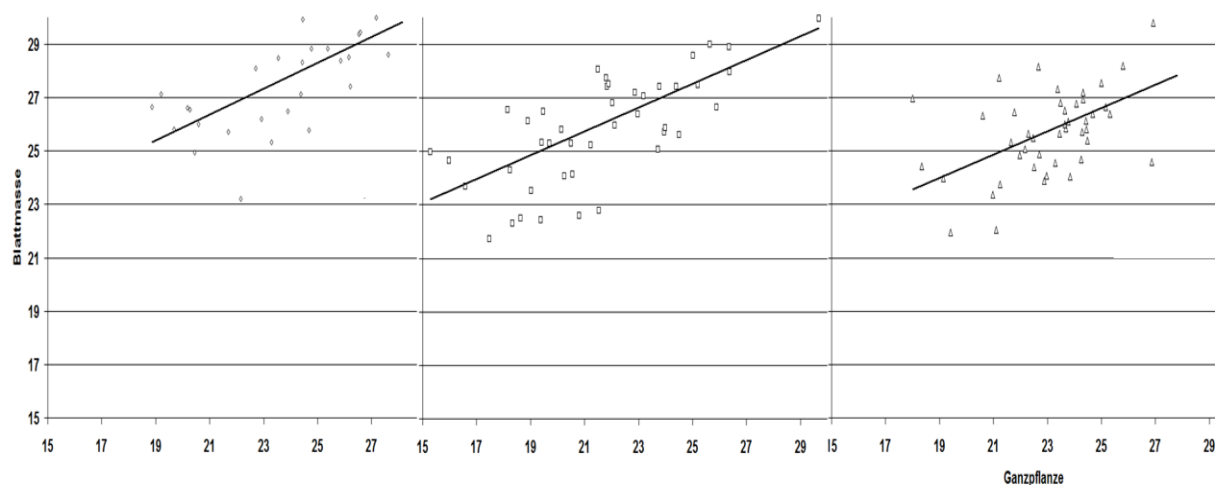


Abb. 1: Lineare Regressionen des Rohproteingehalts in g je 100 g TM von Ganzpflanze (X-Achse) auf Blattmasse (Y-Achse) von Luzerne (links), Rotklee (Mitte) und Weißklee (rechts).

Tab. 1: Lineare Regressionsgleichungen des Rohproteingehalts von Ganzpflanze auf Blattmasse von Luzerne, Rotklee und Weißklee.

Art	lineare Regressionsgleichungen	R ²
Luzerne	$y = 0,4857x + 16,159$	0,44
Rotklee	$y = 0,4459x + 16,387$	0,39
Weißklee	$y = 0,4351x + 15,727$	0,28

Um zu einer genaueren Abschätzung des Rohproteingehaltes im Blatt auf Basis der Ganzpflanze zu erhalten muss das Modell künftig um relevante Einflussfaktoren wie Schnittzeitpunkt und –nummer, Standort und ggf. Sorte erweitert werden.

Danksagung

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

Literatur

- JUNG, H.G., C.C. SHEAFFER, D.K. BARNES and J.L. HALGERSON (1997): Forage quality variation in the U.S. alfalfa core collection. *Crop Sci.* 37:1361–1366.
- POPOVICS, S., M. STJEPANOVIC, S. GRLJUSIC, T. CUPIC und M. TUCAK (2001): Protein and fibre contents in alfalfa leaves and stems. In Delgado I. (ed.), Lloveras, J. (ed.). *Quality in lucerne and medics for animal production = Qualité de la luzerne et des medics pour la production animale*. Zaragoza (Spain): CIHEAM-IAMZ, 2001. p. 215-218.
- SOMMER, H. und A. SUNDRUM (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. In: Häring, A.M., Hörning, B., Hoffmann-Bahnsen, R., Luley, H., Luthardt, V., Pape, J., Trei, G. (Hrsg.)(2015): Am Mut hängt der Erfolg - Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 17.-20. März 2015. Verlag Dr. Köster, Berlin.

Faserfraktionen von Luzerne, Rotklee und Weißklee – ein Vergleich zwischen Ganzpflanze und Blattmasse

Hendrik Sommer

ESCON Business KG, Frankenberg (Eder). E-Mail: hendrik.sommer@escon.biz

Einleitung

Trotz des beträchtlichen Potentials als Eiweißquelle wird die Eignung von feinsamigen Leguminosen in der Schweine- und Geflügelfütterung hauptsächlich durch den Rohfasergehalt und der damit verbundenen Herabsetzung der Verdaulichkeit der Energie und der Organischen Masse eingeschränkt. Der Rohfasergehalt steigt im Verlauf der Vegetation an, wodurch die Gehalte nutritiver Nährstoffe (vorwiegend Rohprotein) in Relation abnehmen. Obwohl Rotkleepflanzen weniger Zellwände als Knautgras haben, ist ihre Verdaulichkeit schlechter (SCHUBIGER et al. 1998). Durch die Zunahme des Rohfasergehaltes nehmen nicht nur der Rohproteingehalt sondern auch die Verdaulichkeit von Eiweißfutterpflanzen im Laufe des Entwicklungsstadiums ab. Aus diesem Grund wurde im Rahmen des Projektes 11OE055 untersucht, ob eine Trennung der Ganzen Pflanze in Blatt und Stengel zu einer Optimierung des Futterwertes für den Einsatz bei Schweinen und Geflügel erzielt werden kann.

Material und Methoden

Es wurden Bestände (4 Sorten) auf Flächen des LFL Bayern, der Domäne Frankenhausen sowie des BFHI Waldeck-Frankenberg e.V. geerntet. Die Ernteproben wurden in perforierte Beutel verpackt, die Frischmasse (FM) gewogen und bei 60°C bis zur Gewichtskonstanz getrocknet. Anschließend wurden die getrockneten Proben auf 1 mm vermahlen. Ein Teil der Proben wurde in Blatt- und Stengelfraktion getrennt (vgl. SOMMER und SUNDRUM 2015). Die Rohfaser-, ADF- und NDF-Analyse erfolgte mittels Nah-Infrarot-Reflexions-Spektroskopie (NIRS) auf Basis einer im Rahmen des Projektes 11OE055 „Ermittlung des Futterwertes und der Verdaulichkeiten der Blattmassen von Luzerne (*Medicago sativa*) und verschiedenen Kleearten“ erstellten Kalibration für Futterleguminosen.

Ergebnisse und Diskussion

Es konnte nachgewiesen werden, dass in der Blattmasse nicht nur die Konzentrationen an Rohprotein und essentieller Aminosäuren höher im Vergleich zur Ganzpflanze sind, sondern dass auch die Gehalte an Rohfaser, NDF und ADF im Vergleich niedriger sind (vgl. Abbildung 1). In Untersuchungen von LINDBERG und ANDERSSON (1998) hatte der Einsatz von Luzernegrünmehl in einem Fütterungsversuch mit Schweinen eine Reduzierung der Verdaulichkeit der Organischen Masse, aber eine höhere Verdaulichkeit der Rohfaser zur Folge. Bei LINDBERG und CORTOVA (1995) blieb jedoch die Rohprotein- und Rohfaserverdaulichkeit unbeeinflusst, obwohl die Verdaulichkeit der Organischen Masse sank. Insbesondere die Stängel haben aufgrund hoher Gehalte von Zellwand-Polysacchariden und Lignin eine eher niedrigere Verdaulichkeit (BUXTON and RUSSELL 1988).

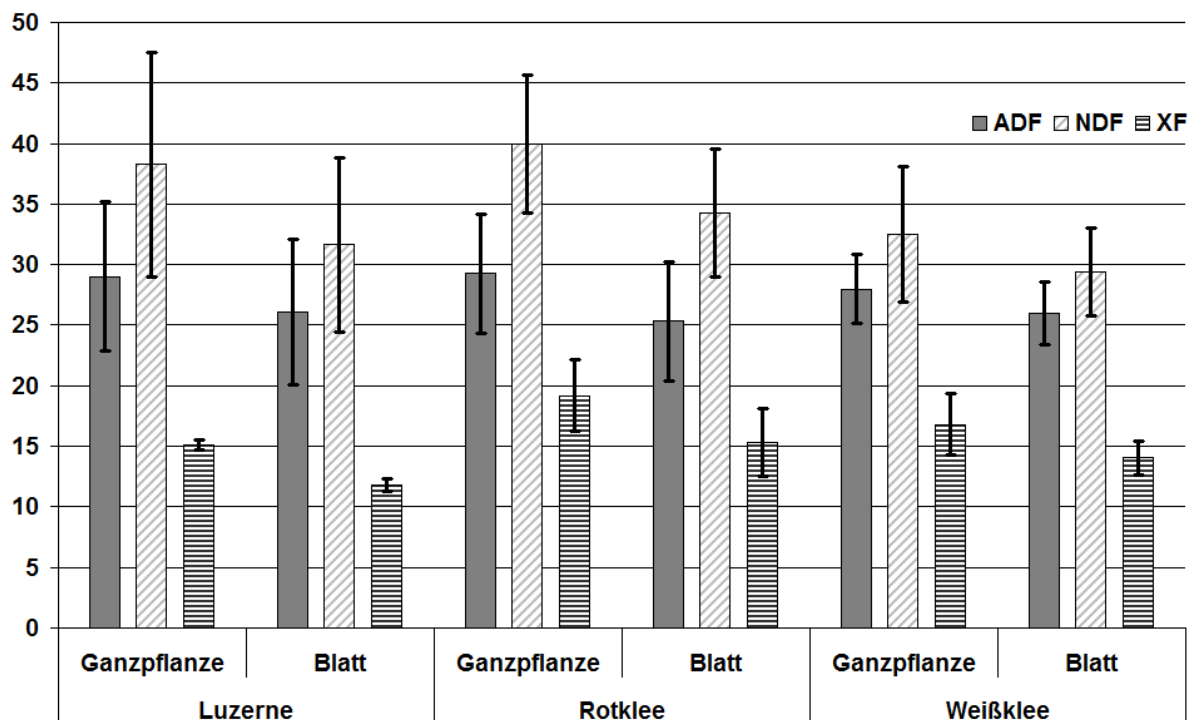


Abb. 1: Vergleich von Rohfaser-, ADF- und NDF-Gehalten in Blatt und Ganzpflanze bei Luzerne, Rotklee und Weißklee in g je 100 g TM.

Aus Sicht des Einsatzes in der monogastrischen Tierernährung ist nach den vorliegenden Ergebnissen der Blattmasse den Vorzug gegenüber der ganzen Pflanze zu geben. Allerdings ist hier weiterhin zu untersuchen, welcher Schnitzeitpunkt in Hinblick auf möglichst niedrige Gehalte an Rohfaser, ADF und NDF zu wählen ist.

Danksagung

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

Literatur

- BUXTON, D.R. and J.R. RUSSELL (1988): Lignin constituents and cell-wall digestibility of grass and legume stems. *Crop Sci.* 28:553–558.
- LINDBERG, J.E. und Z. CORTOVA (1995): The effect of increasing inclusion of lucerne leaf meal in a barley-based diet on the partition of digestion and on nutrient utilization in pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 56:11-20.
- LINDBERG, J.E. und C. ANDERSSON (1998): The nutritive value of barley-based diets with forage meal inclusion for growing pigs based on total tract digestibility and nitrogen utilization. *Livest. Prod. Sci.* 56:43-52.
- SCHUBIGER, F. X., H.-R. BOSSHARD und J. LEHMANN (1998): Futterwert von Rotklee. Eidgenössische Forschungsanstalt für Agrarökologie und Landbau. Reckenholz (FAL), CH-8046 Zürich.
- SOMMER, H. und A. SUNDRUM (2015): Ganzpflanze und Blattmasse verschiedener Grünleguminosen als Eiweißquelle in der Schweinefütterung. In: Häring, A.M., Hörning, B., Hoffmann-Bahnsen, R., Luley, H., Luthardt, V., Pape, J., Trei, G. (Hrsg.)(2015): Am Mut hängt der Erfolg - Rückblicke und Ausblicke auf die ökologische Landbewirtschaftung. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, 17.-20. März 2015. Verlag Dr. Köster, Berlin.

PAL-Expression und Gesamtphenole in Weizenblättern in Abhängigkeit von der N-Düngung

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 Stickstoff (N)-Düngung den Proteingehalt von Weizenkörnern beeinflusst. Doch welchen Einfluss hat die N-Düngung auf sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe im Blatt, insbesondere auf phenolische Verbindungen, welche nicht nur einen wichtigen Bestandteil der pflanzlichen Zellwand darstellen, sondern auch an der Pathogenabwehr beteiligt sind? Und wie verändert sich die Konzentration dieser Verbindungen im Laufe der Pflanzenentwicklung? Um diesen Fragen nachzugehen, wurden Weizenblätter in mehreren Entwicklungsstadien geerntet und in diesen Blättern die Auswirkung unterschiedlich hoher Mengen an N-Dünger auf den N-Gehalt, den Gesamtphenolgehalt sowie die Expression des Enzyms PAL (Phenylalanin-Ammoniak-Lyase), des Schlüsselenzyms der Phenylpropanoid-Synthese, untersucht.

Material und Methoden

In einem Feldversuch an der Versuchstation Weilburger Grenze, Gießen, wurde Weizen der Sorte Genius mit Kalkammonsalpeter in fünf verschiedenen Varianten gedüngt. Die Varianten unterschieden sich hinsichtlich der Höhe der applizierten Düngermenge sowie des Zeitpunktes der Düngung wie folgt: N0 ohne N-Düngung (Kontrolle); N1 80 + 70 kg N/ha; N2 40 + 35 kg N/ha; N3 107 + 97 kg N/ha; N4 80 + 40 + 30 kg N/ha. Die ersten beiden Teilgaben erfolgten während der Bestockung (1. N-Gabe) bzw. des Schossens (2. N-Gabe), die dritte Teilgabe der Variante N4 erfolgte zum Ährenschieben. Als Blattproben wurden die Fahnenblätter in den drei Entwicklungsstadien DC 54 (Ährenschieben), DC 65 (Blüte) und DC 75 (Milchreife) genommen und unmittelbar nach der Probenahme in flüssigem Stickstoff eingefroren. Für die weiteren Analysen wurden die Blätter unter flüssigem Stickstoff im Mörser zerkleinert und das Pulver bis zur Analyse bei -80 °C aufbewahrt. Aus einem Teil des Blattpulvers wurde die RNA isoliert, mit reverser Transkriptase in cDNA umgeschrieben und mittels real time PCR die relative Expression des Enzyms PAL im Vergleich zu mehreren Referenzgenen bestimmt. Die restliche Probe wurde gefriergetrocknet, um daraus Gesamtphenole nach Folin-Ciocalteu zu extrahieren sowie den Stickstoffgehalt mittels Elementaranalysator zu bestimmen.

Ergebnisse und Diskussion

Der N-Gehalt der Blätter stieg mit zunehmender N-Düngermenge an und war im Mittel in der am stärksten gedüngten Variante N3 fast 63 % höher als in der Kontrolle. Zwischen den Varianten N1 und N4, also 150 kg N/ha auf zwei bzw. auf drei N-Gaben verteilt, waren keine signifikanten Unterschiede im N-Gehalt der Blätter zu erkennen. Vom Ährenschieben über die Blüte bis zur Milchreife nahm der N-Gehalt der Blätter stetig ab und lag in der Milchreife im Mittel 28,5 % unter den Werten des Ährenschiebens.

Die Gesamtphenole nach Folin-Ciocalteu, berechnet als Gallussäure-Äquivalente (GAE), erreichten die höchsten Werte in der Kontrolle, die niedrigsten Werte in der am stärksten gedüngten Variante N3, wobei die Gesamtphenole in N3 im Mittel 28,6 % unter denen der Kontrolle lagen. In einem Gefäßversuch wurde eine vergleichbare Tendenz für die löslichen Gesamtphenole im Korn gefunden (Stumpf et al. 2015). Zwischen den Varianten mit 150 kg N/ha auf zwei und auf drei Gaben verteilt gab es keine signifikanten Unterschiede in den Gesamtphenolen. Mit steigender N-Menge verhielten sich die Gesamtphenole also gegensätzlich zum N-Gehalt im Blatt. Das Maximum der Gehalte an Gesamtphenolen wurde während der Blüte beobachtet.

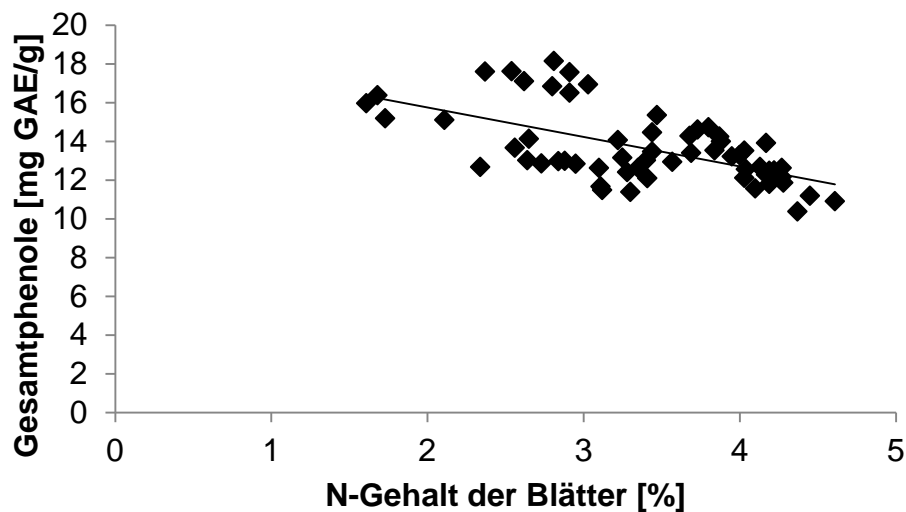


Abb. 1: Korrelation zwischen den Gesamtphenolgehalten [mg GallussäureÄquivalente/g] und dem N-Gehalt in Weizenblättern. Korrelation nach Pearson. $p < 0,001$, $r = -0,602$

Die PAL-Expression erreichte ebenfalls ein Maximum während der Blüte. Bei diesem Parameter traten Wechselwirkungen zwischen den Faktoren Düngung und Entwicklungsstadium auf. Während des Ährenschiebens wies die hochgedüngte Variante N3 die höchsten PAL-Expressionswerte auf. In der Blüte waren N3 und die Spätdüngung N4 signifikant höher als die übrigen Varianten. In der Milchreife waren keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten zu erkennen.

Da die Gesamtphenole mit zunehmender N-Düngung zurückgehen, wäre die gleiche Reaktion auch für die PAL-Expression zu erwarten. Dies konnte hier jedoch nicht gezeigt werden. Ein möglicher Grund dafür ist, dass PAL nicht nur für die Bildung von Phenolsäuren das Schlüsselenzym darstellt, sondern auch an weiteren Stoffwechselwegen beteiligt ist und andere Verbindungen unter erhöhter N-Düngung vermehrt gebildet werden. Deshalb muss die Expression weiterer Enzyme untersucht werden, die an der Synthese phenolischer Verbindungen beteiligt sind.

Literatur

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

Phenolic acid contents and antioxidant capacity in root extracts of *Salvia miltiorrhiza* Bunge depending on cultivation methods

Young-Hyun Sung, Feng Yan und Bernd Honermeier

Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Biomedical Research Center Seltersberg, Justus Liebig University of Giessen, Schubertstr. 81, D-35392 Giessen, Germany

Introduction

Salvia miltiorrhiza (Family *Lamiaceae*) is a perennial medicinal plant used in traditional Chinese medicine, whose dried roots and rhizomes are used either alone or in combination with other herbal in the treatment of coronary heart disease and other cardiovascular diseases (Cheng, 2007). *S. miltiorrhiza* contains active ingredients such as lipophilic tanshinones, a group of diterpenoides, and hydrophilic phenolic acids. These compounds have many pharmacological activities such as anticoagulant, vasodilatory, anti-inflammatory, increasing blood flow, free radical scavenging and mitochondrial protective effects (Adams et al., 2006).

The environmental and agricultural conditions may have major effects on the quality of *S. miltiorrhiza* (Li et al., 2011). However, research on accumulation dynamics of bioactive components of *S. miltiorrhiza* under cultivation conditions in Europe is scarce. Hence, the present study was aimed to investigate the accumulation patterns of the phenolic acids in the roots of *S. miltiorrhiza* depending on harvest time and cultivation methods.

Material and Methods

The field experiment was conducted in 2008 and 2009 on sandy soil conditions (soil value: 20-25 points, soil humus: 1.5%, pH 6.7, Nmin 0-90 cm: 18 kg N/ha) in the station Gross Gerau. The experiment was conducted using a three factor design: harvest time, cultivation methods (ridge and plain cultivation) and row widths (50 and 75 cm) with four repetitions. The seeds of the used sage accession planted on the field came from the province of Shanxi, China.

Climate conditions at the experimental station were characterized by a mean annual air temperature of 9.4°C and annual precipitation of 590 mm. N fertilizer (60 kg N/ha) was applied immediately after transplanting. Roots of *S. miltiorrhiza* were harvested on six dates (31 Oct., 12 Dec., 28 April, 04 June, 01 July and 29 July). The root samples were washed, dried at 40°C, ground and stored in plastic bags at room temperature and in darkness.

A powder sample of sage roots was extracted with methanol. Root extracts were analyzed by HPLC system based on established method. Measurement of antioxidant capacity by ORAC method was carried out on a Fluoroskan Ascent fluorometer according to Huang et al. (2002). Statistical evaluation of the results was performed using SPSS. The effects of three factors and their interactions were analysed with ANOVA. Tukey multiple comparisons were carried out for significant differences between the means.

Results and discussion

The level of salvianolic acid B in roots of *S. miltiorrhiza* was significantly influenced by the harvest time ($p < 0.05$). For both harvest times in autumn, the level of salvianolic acid B contents (3.41% and 3.19% DM) were relatively low compared to the harvest in spring and summer months. A clear increase was observed from the

second to third harvest date. At third harvest (spring) the content of salvianolic acid B reached a highest level of 5.26% DM. The cultivation method had a definite influence on the content of salvianolic acid B in the root extracts of *S. miltiorrhiza* ($LSD_{5\%} = 0.05\%$ DM). A higher content of salvianolic acid B was identified in the plain cultivation compared to the average ridge cultivation. The cultivation method and the row width had no impact on the levels of rosmarinic acid in the roots of *S. miltiorrhiza*. Among the investigated factors there was no interaction for salvianolic acid B. The content of rosmarinic acid in the roots of *S. miltiorrhiza* ranged from a minimum of 0.25% DM to a maximum of 0.71% DM. A clear influence of harvest time on the levels of rosmarinic acid was observed ($p < 0.05$). The values for the second year of plant development, particularly for harvesting in the summer months, were significantly higher than those for the harvesting in the spring and more than twice as high as in the year before. The cultivation method and the row width had no impact on the levels of rosmarinic acid in roots of *S. miltiorrhiza*.

A strong accumulation of both phenolic acids was detected after overwintering at harvest time in April of the second growth year. At the same time, on this date, a 49% reduction in root mass per plant was observed (Sung & Honermeier, 2013). Hence, it is presumed that there was a concentrating effect which caused higher levels of phenolic acids in dry matter. In addition, the accumulation of both phenolic acids seems to be related to the leaf growth and light conditions. In the present study, the lowest contents of rosmarinic acid and salvianolic acid B were detected when the leaves of *S. miltiorrhiza* senesced in late autumn and the highest salvianolic acid B level was recorded when leaf growth was flourishing in the spring.

The antioxidant capacity of the root extracts varied from a minimum of 0.91 mmol TE DM/g to a maximum of 1.32 mmol TE DM/g. The values were significantly lower in the first year of growth than those in the spring and summer of the second year. Plain cultivation was found to be significantly superior to ridge cultivation. The change in row spacing had no influence on the ORAC values of the analysed root extracts. The correlation analysis showed a positive relationship between salvianolic acid B and the ORAC values ($r = 0.702$). There was only a moderate relationship ($r = 0.499$) between rosmarinic acid content and antioxidant capacity.

Literature

- Adams, J.D., Wang, R., Yang, J., Lien, E.J., 2006: Preclinical and clinical examination of *Salvia miltiorrhiza* and its tanshinones in ischemic conditions. *Chinese Medicine*, 1-15.
- Cheng, T.O., 2007: Cardiovascular effects of Danshen. *International Journal of Cardiology* 121, 9-22.
- Huang, D., Qu, B., Hampsch-Woodhill, M., Flanagan, J.A., Prior, R.L., 2002: High-throughput assay of oxygen radical absorbance capacity (ORAC) using a multichannel liquid handling system coupled with a microplate fluorescence reader in 96-well format. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 50, 4437-4444.
- Li, C.G., Sheng, S.J., Pang, E.C.K., May, B, Xue, C.C.L., 2011: Plant density-dependent variations in bioactive markers and root yield in Australian-grown *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Chemistry & Biodiversity* 8, 699-709.
- Sung, Y.H., Honermeier, B., 2013: Effect of cultivation method and harvest time on root yield and content of tanshinones of *Salvia miltiorrhiza* Bunge. *Journal of Medicinal & Spice Plants*, 18, 34-41.

Beschattung und Unterwuchsvegetation in Agroforststreifen

Lucie Chmelikova, Magdalena Merold, Susanne Höcherl und Paul Depner

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme / Technische Universität München, Freising. E-Mail: magdalena.merold@tum.de

Einleitung

Die Unterwuchsvegetation in den Agroforststreifen entwickelt sich auf Grund der langjährigen Bodenruhe und der Auswirkungen der Bäume - allelopathische Wirkungen (Zen et al. 2008), Blattabwurf (Binkley 1992), Baumwurzel usw.. Oft wird auch in Studien zu Agroforstsystemen erwähnt und diskutiert, dass die Beschattung "offensichtlich" einen Einfluss hat, was allerdings nur "visuell" beobachtet wurde. Das Ziel dieser Untersuchung ist daher die Frage zu beantworten, wie sich der Deckungsgrad im Zusammenhang von Beschattung innerhalb der Agroforststreifen und unterschiedlichen Baumarten entwickelt?

Material und Methoden

Im Betrieb Scheyern (Bayern) wurde der Deckungsgrad der Unterwuchsvegetation auf zwei Schlägen (seit 2009 mit Agroforststreifen, im Winter 2012-13 erster Umtrieb) in jeweils drei Agroforststreifen untersucht. In den Agroforststreifen wurde alle 30 Meter eine andere Baumart angepflanzt. Für die Untersuchungen wurden Schwarzerle, Pappel Max 3, Robinie, Weide Inger und eine Mischung einheimischer Baumarten ausgewählt. Im Jahr 2015 wurde der Deckungsgrad der Vegetation zu drei Terminen (13.5., 11.6. und 2.7.) untersucht.

Der Deckungsgrad der Vegetation wurde mit Hilfe eines Rahmens (0,5 x 0,5 m) aufgenommen. Nachdem die Flächen innerhalb des Rahmens fotografiert wurden, wurde an Hand der Fotos der Anteil der grünen Fläche ermittelt. Die Beleuchtungsstärke wurde in den Agroforststreifen und auf dem Acker mit einem Beleuchtungsstärkemessgerät (MAVOLUX 5032C/B USB) erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Der Deckungsgrad hat sich zwischen den Baumarten zu jedem Termin signifikant unterschieden. Diese zeitliche Entwicklung des Deckungsgrades ist im Einklang von Nilsson et al. (2008). Das Wachstum der Baumkronen hat zugenommen und die Beleuchtungsstärke hat abgenommen. Zum ersten Termin lag der Deckungsgrad zwischen 80,1% (Mischung) und 94% (Robinie) und zum zweiten Termin zwischen 39% (Pappel) und 85,9% (Robinie). Zum dritten Termin (Abb. 1) lag er zwischen 40,5% (Pappel) und 85,5% (Weide). In Übereinstimmung mit unseren Ergebnissen haben Heilmann et al. (1995) einen signifikant niedrigeren Deckungsgrad auf den Flächen mit Pappeln im Vergleich zu den Flächen mit Weiden erfasst. Zu allen Terminen wurde die niedrigste Beschattung auf den Flächen mit Robinien gemessen. Die höchste Beschattung wurde auf den Flächen mit Pappeln und Erlen gemessen. Die Ergebnisse zeigen eine deutliche Entwicklung des Deckungsgrades in Abhängigkeit von der Baumart. Je nach Baumart reagiert die Unterwuchsvegetation auf die Beschattung unterschiedlich.

Neben dem deutlichen Einfluss des Beschattungsgrades zeigte sich bei unterschiedlichen Baumarten mit ähnlicher Beschattung eine unterschiedliche Auswirkung auf die Vegetationszusammensetzung. Die Ergebnisse für den

3. Termin - 2.7.2015

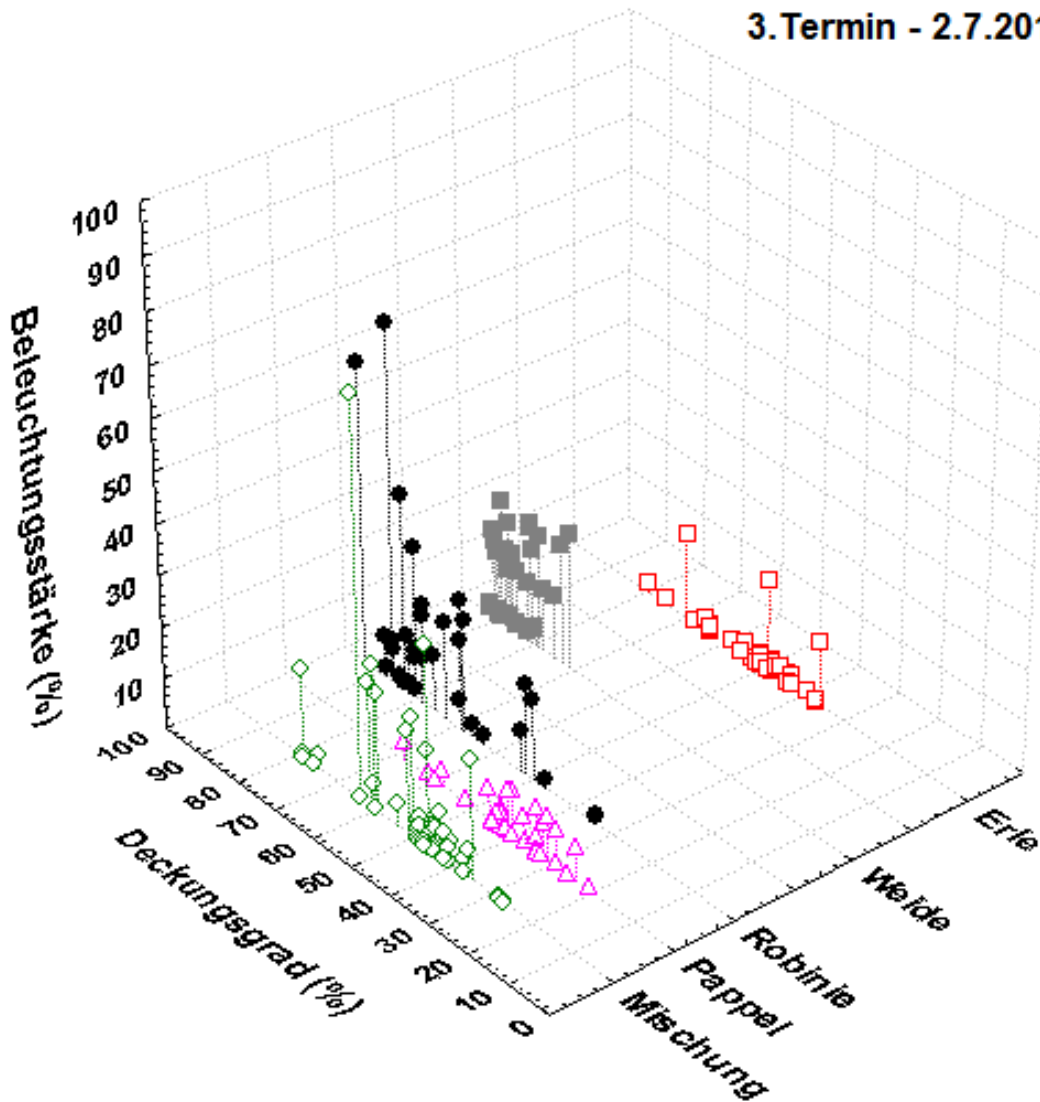


Abb. 1: Deckungsgrad und Beleuchtungsstärke am dritten Termin in Agroforststreifen mit Pappel, Robinie, Weide, Erle und Mischung von einheimischen Baumarten.

Deckungsgrad v.a. auf den Flächen mit Robinie und Erle deuten darauf hin, dass auch andere Parameter (wie z.B. Blattstreu, Bodenfeuchtigkeit, Nährstoffgehalt im Boden) die Unterwuchsvegetation stark beeinflussen.

Literatur

- Binkley D. (1992) Mixtures of nitrogen₂-fixing and non-nitrogen₂-fixing tree species. In: Cannell M.G.R., Malcol D.C., Robertson P.A. (eds.) The ecology of mixed-species stands of trees. Blackwell, Oxford, p. 99 - 123.
- Heilmann B., Makeschin F., Rehfuess K.E. (1993) Vegetationskundliche Untersuchungen auf einer Schnellwuchsplantage mit Pappeln und Weiden nach Ackernutzung. Forstwissenschaftliches Centralblatt vereinigt mit Tharandter forstliches Jahrbuch 114: 16 - 29.
- Nilsson C., Engelmark O., Cory J., Forsslund A., Carlborg E. (2008) Differences in litter cover and understorey flora between stands of introduced lodgepole pine and native Scots pine in Sweden. Forest Ecology and Management 255: 1900 - 1905.
- Zeng R.S., Mallik A.U., Luo S. (2008) Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry. Springer Science + Business Media, LLC, New York, p. 389

Wuchsleistung typischer KUP-Gehölze auf zwei unterschiedlichen Standorten in Südbayern

Lucie Chmelikova, Susanne Höcherl, Sebastian Wolfrum, Harald Schmid
und Kurt-Jürgen Hülsbergen

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme / Technische Universität München,
Freising. E-Mail: susanne.hoecherl@tum.de

Einleitung

Die Nachfrage nach erneuerbaren Energie steigt stetig. In diesem Zusammenhang ist der Anbau von schnellwachsenden Baumarten eine pflanzenbaulich interessante Strategie. In Kurzumtriebsplantagen werden für die Energieholzgewinnung in erster Linie Weide und Pappel angepflanzt (Larocque et al. 2013). Wichtige Parameter für die Biomassebildung sind die Triebanzahl, die Wuchshöhe und der Durchmesser. Die Ansprüche beider Baumarten sind unterschiedlich, was sich auf gleichen Standorten in Wuchsleistung und Biomassebildung widerspiegelt. Eine wichtige Standortbedingung sind die Bodeneigenschaften. Aus diesem Grund wurden die oben genannten Parameter bei Pappel und Weide auf zwei unterschiedlichen Standorten untersucht.

Material und Methoden

Im April 2014 wurden Pappeln der Sorte Max 3 (*Populus maximowiczii* x *Populus nigra*) und Weiden der Sorte Inger (*Salix triandra* x *Salix viminalis*) auf zwei Standorten in Südbayern mit unterschiedlicher Bodentextur angepflanzt. Beide Baumarten wurden als Stecklinge in 4 Doppelreihen mit Baumabstand 50 cm angepflanzt. Der erste Standort Roggenstein (Jahresniederschlagssumme 907 mm, Durchschnittstemperatur 8,9°C) liegt auf schluffigem Lehm in 522 m ü. NHN. Zweiter Standort Starnberg (Jahresniederschlagssumme 1100 mm, Durchschnittstemperatur 7,5°C) liegt auf lehmigen Schluff in 588 m ü. NHN.

Im November 2015 wurden Wuchshöhe, Durchmesser und Triebanzahl in 4 Wiederholungen (20 Bäume pro Wiederholung in den mittleren Reihen) pro Standort gemessen.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 1,5 Jahren wurde unterschiedliche Wuchsleistung von Pappel Max 3 und Weide Inger auf zwei Standorten mit unterschiedlicher Bodentextur gemessen. Auf schluffigem Lehm zeigte die Pappel eine größere Wuchsleistung als die Weide. Die Pappeln erreichten eine Höhe von 3,1 m und einen Stammdurchmesser in Brusthöhe von 1,5 cm (Abb. 1). Die Höhe der Weiden betrug bei einem Stammdurchmesser von 0,5 cm nur 1,95 m.

Auf dem Standort mit lehmigem Schluff erzielte dagegen die Weiden mit einer Höhe von 2,1 m und einem Stammdurchmesser von 0,7 cm ein besseres Wachstum. Die Pappel erreichte nur eine Wuchshöhe von 1,8 m und einen Durchmesser von 0,6 cm. Auf beiden Standorten haben die Weiden (Roggenstein 2,1; Starnberg 1,4) mehr als die Pappel (Roggenstein 1,7; Starnberg 1,3) ausgetrieben. Dieses Ergebnis ist im Einklang mit den Ergebnissen von Ceulemans et al. (1996). Im allgemein ist Pappel dafür bekannt, dass sie produktiver als Weide ist (Wang et MacFarlane 2012).

Ähnlich wie bei Demo et al. (2014) wurden bei Bäumen mit wenigen Trieben größere Durchmesser gemessen.

Auf beiden Flächen wurden bei den Pflanzen Wildverbiss und Fegeschäden beobachtet und bonitiert. Eine mögliche Veränderung der Biomasseleistung muss zur Ernte noch beurteilt werden.

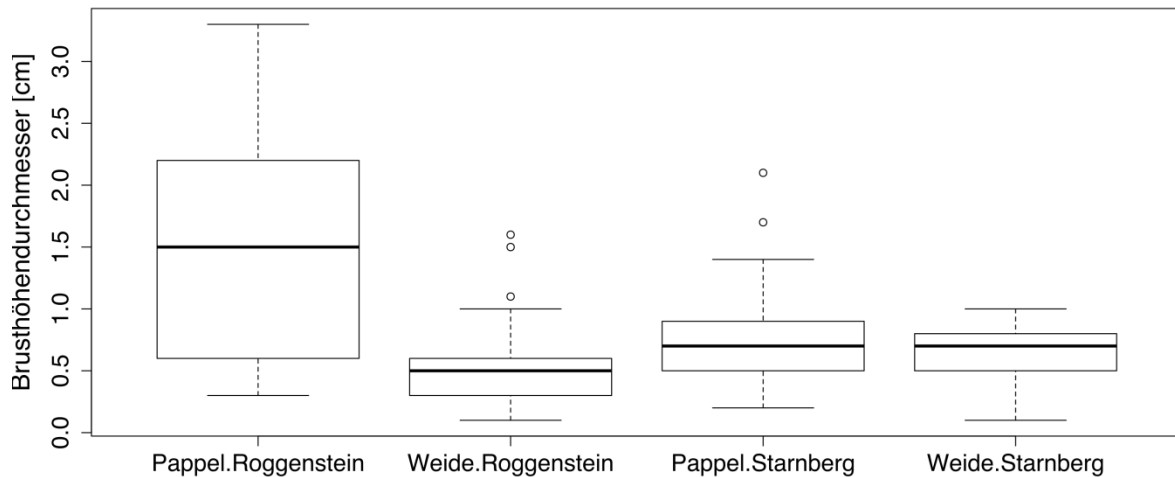


Abb. 1: Stammdurchmesser in Brusthöhe (130 cm) von Pappeln und Weiden auf den beiden Standorten Roggenstein und Starnberg.

Literatur

- Ceulemans R, McDonald AJS, Pereira JS (1996) A comparison among eucalypt, poplar and willow characteristics with particular reference to a coppice, growth-modelling approach. *Biomass & Bioenergy* 11: 215-231. doi: 10.1016/0961-9534(96)00035-9
- Demo M, Hauptvogel M, Prcik M, Huska D (2014) Comparison of production parameters of willow (*Salix* spp.) and poplar (*Populus* spp.) varieties in the last year of the first four-year harvest cycle. *Wood Research* 59: 705-715
- Larocque GR, DesRochers A, Larcheveque M, Tremblay F, Beaulieu J, Mosseler A, Major JE, Gaussiran S, Thomas BR, Sidders D et al. (2013) Research on hybrid poplars and willow species for fast-growing tree plantations: Its importance for growth and yield, silviculture, policy-making and commercial applications. *Forestry Chronicle* 89: 32-41. doi: 10.5558/tfc2013-009
- 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

Berechnung des Pflanzenwasserverbrauchs in Abhängigkeit des Stickstoffangebotes auf Grundlage spektrometrisch ermittelter bzw. tabellierter Kc-Werte

Philipp Drerup^{1,2}, Holger Brück², Joachim Lammel² und Heinrich W. Scherer¹

¹ INRES-Pflanzenernährung, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn; ² Institut für Pflanzenernährung und Umweltforschung, YARA GmbH & Co. KG, Dülmen. E-Mail: philipp.drerup@yara.com

Einleitung

Die prognostizierte klimatische Veränderung in NW-Europa, welche regional zu geringeren Niederschlagsmengen in den Sommermonaten führen wird, stellt den Weizenanbau vor neue Herausforderungen. N-Düngung erhöht die Wassernutzungseffizienz (WUE) von Weizen (z.B., Zwart und Bastiaanssen, 2004), gleichzeitig aber auch den Pflanzenwasserverbrauch, da Produktivität und Evapotranspiration (ET) positiv korreliert sind. Eine zuverlässige Schätzung von ET unter Nährstofflimitierung ist mit tabellierten Kc-Werten nicht möglich. Alternativ wurde die Nutzung von NDVI vorgeschlagen und in dieser Studie genutzt.

Material und Methoden

Ein Feldversuch mit 3 N-Düngungsstufen (0, 120, 230 kg N/ha) wurde 2014/15 am Institut für Pflanzenernährung und Umweltforschung, Dülmen, durchgeführt. Die Prüfglieder wurden mittels Tropfbewässerung bewässert, um Wasserstress auszuschließen. Für einen Vergleich mit modellierten Feldwasserbilanzen (FWB) wurde die Bodenfeuchte der drei Prüfglieder von März bis August kontinuierlich mittels FDR-Sonden in 5 Tiefen gemessen. Die Berechnung der ET erfolgte 1) anhand von NDVI-Werten (Ansatz 1), welche in Kc-Werte überführt wurden (Er-Raki et al. 2007, modifiziert) und 2) auf der Grundlage publizierter Kc-Werte und Kc-Phasenlängen (Ansatz 2) (Allen et al. 2006; Fischer et al. 2000). Die Berechnung der täglichen ET erfolgte in beiden Ansätzen mit dem ‚*dual-coefficient approach*‘ nach FAO56 (Allen et al. 2006).

Ergebnisse und Diskussion

Eine sensorgestützte Ermittlung der Kc-Werte führte im Vergleich zu Ansatz 2 zu einer leicht erhöhten Schätzung der ET (+24 mm) des Prüfglieds N230 (Tab. 1). Die Schätzung der FWB auf Basis beider Ansätze stimmte über die Saison betrachtet (Abb. 1a) gut mit der gemessenen FWB überein (Ansatz 1: *RMSE*: 0.8, *efficiency*: 0.97; Ansatz 2: *RMSE*: 0.6, *efficiency*: 0.56). Erwartungsgemäß zeigten sich deutliche Unterschiede im Niveau des NDVI im Vergleich der gedüngten Varianten zur ungedüngten Variante (Abb. 1b), wobei eine verhältnismäßig geringe Düngung von 120 kg N/ha lediglich während der Schoßphase (DOY 100-135) zu einer Differenzierung im Vergleich zu N230 führte. Die Transpiration stieg mit steigender N-Düngung von 236 mm (N0) auf 381 mm (N230) an. Allerdings wies der ungedüngte Pflanzenbestand die höchste (174 mm) und Prüfglied N230 die geringste (82 mm) Evaporation auf. Auf Grund dieses gegenläufigen Trends von Transpiration und Evaporation bestanden nur geringe Unterschiede in der kumulativen ET zwischen den drei Prüfgliedern. Die Ertragsunterschiede zwischen den N-Stufen führten zu deutlichen Unterschieden in der WUE. Da es mit Ansatz 2 nicht möglich ist, die ET von nährstoff-limitierten Beständen zu berechnen, erscheint

Ansatz 1 als geeigneter, um die ET von Weizenbeständen standortangepasst zu schätzen. Alternative Berechnungen von ET (Daten hier nicht gezeigt) deuten allerdings darauf hin, dass Ansatz 1 für N-limitierte Prüfglieder zu einer Überschätzung von ET führen kann.

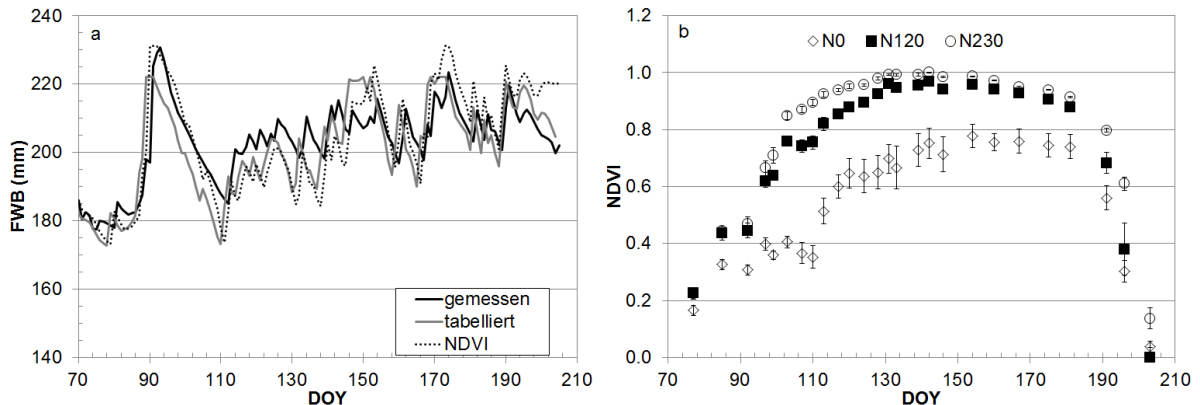


Abb. 1: Einfluss der Berechnungsgrundlagen für die Erstellung der Kc-Werte (NDVI sowie tabellierte Kc-Werte und Phasenlängen) auf die Feldwasserbilanz (FWB) hoch gedüngter (230 kg N / ha) Winterweizenbestände in 2015 (DOY: Tag des Jahres) (a), sowie der Verlauf des *normalized difference vegetation index* (NDVI) (b).

Tab. 1: Einfluss der Stickstoffversorgung (N0, N120 und N230 kg N/ha) auf Kornertrag (86% Trockensubstanz), Transpiration, Evaporation, Evapotranspiration (ET) und agronomische Wassernutzungseffizienz (WUE) im Zeitraum 07.03. – 24.07.2015. Für das Prüfglied N230 erfolgte ein Vergleich von ET Schätzung mittels NDVI und tabellierten Werten.

	N0	N120	N230 NDVI	N230 tab.
Kornertrag (t/ha)	4.8 ± 0.9	8.9 ± 0.4	10.5 ± 0.5	10.5 ± 0.5
Transpiration (mm)	236 ± 28.5	345 ± 7.4	381 ± 5.4	351
Evaporation (mm)	174 ± 19.4	99 ± 2.5	82 ± 2.4	88
ET (mm)	410 ± 9.5	444 ± 5.9	463 ± 3.1	439
WUE (g/l)	1.2 ± 0.1	2.0 ± 0.1	2.3 ± 0.1	2.4

Literatur

- Allen, R.G., L.S. Pereira, D. Raes, M. Smith. 2006. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. United Nations FAO, Irrigation and Drainage Paper 56, FAO. Rom, Italy.
- Er-Raki, S., A. Chehbouni, N. Guemouria, B. Duchemin, J. Ezzahar, R. Hadria. 2007. Combining FAO-56 model and ground-based remote sensing to estimate water consumptions of wheat crops in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*. 87:41-54.
- Fischer, G., H. van Velthuizen, F.O. Nachtergaele. 2000. Global Agro-Ecological Zones Assessment: Methodology and Results. Interim Report IR-00-064 International Institute for Applied Systems Analysis. 1-338.
- Zwart, S.J., Bastiaanssen, W.G.M. 2004. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management* 69:115-133.

Effects of cover crops and direct seeding on phosphorus dynamics under soybean

Moritz Hallama¹, Ellen Kandeler¹ and Carola Pekrun²

¹ Institute of Soil Science and Land Evaluation, Soil Biology Department, University of Hohenheim, 70593 Stuttgart, ² Institute for Applied Agricultural Research (IAAF), Crop Science Section, Nürtingen-Geislingen University, 72622 Nürtingen. E-Mail: hallama@uni-hohenheim.de

Introduction

During last decades, the intensification of agriculture consisted mainly in the substitution of environmental services with technology. The report of the IAASTD (2009) described the unsustainable nature of the current global agricultural systems, as well as the need for major shifts and innovations in order to be able to sustain the human population in the present and the future. The widespread adoption of cover crops, expected from the incentives provided by the Common Agricultural Policy (CAP 2015-2020), yields the opportunity to introduce also other management techniques, such as reduced tillage, integrated in the concept of *conservation agriculture* with several associated beneficial effects on the agroecosystem.

Phosphorus limits plant growth in many ecosystems and is globally a very limited resource. The extended use of P-containing fertilizers contrasts with a remarkably meager knowledge of the underlying mechanisms and biogeochemical cycles in the soil. As modern sustainable agricultural management aims to take advantage of biological processes on P dynamics, we analyzed how cover crops and reduced tillage affect the pools of organic P in the soil, the microbial community and the effect on crop P nutrition.

Materials and Methods

Samples were taken from a field experiment at the agricultural station Tachenhausen (SW Germany) at 360 m a.s.s.l. with 9.97 °C annual mean temperature and 840 mm precipitation. The soil is a loess derived loamy clay with a pH of 6.5; 14 mg P₂O₅ 100 g⁻¹ and 2.77 % soil organic matter (SOM). The crop rotation consisted of rape - winter wheat (WW) - maize - WW - soybean (2015) - WW (2016). Both tillage (direct seeding vs mulch seeding) as cover crops (rotation with vs without cover crop mixtures before the spring crops) were used as factors in a randomized split plot design in triplicate. The systems were managed individually regarding fertilizer and pesticide applications. In November 2015 compost was applied to all plots. We sampled in 0-5 and 5-20 cm depth on five occasions from February 2015 until March 2016. The samples were analyzed for PLFA/NLFA (Frostegard et al.1993) and extracellular enzymatic activity (Marx et al. 2001). Soil microbial P was extracted according to Kouno et al. (1995) and photometrically quantified (Murphy & Riley, 1962). Additionally, we determined the availability of soil organic P with the Enzyme Addition Assay (EAA) based on the excess addition of enzymes to alkaline extracts of soil samples (Annaheim et al. 2013).

Results and Discussion

We had expected cover crops (CC) and direct seeding (DS) to accelerate P cycling, as the associated soil microbial community, favoured by rhizodepositions, litter and

soil rest, would be stimulated to mineralize higher amounts of organic P through shifts in abundance, structure and activity of the microbial community. These hypotheses were supported as the PLFA/NLFA analyses revealed increases in total microbial biomass, including bacterial, fungal and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) in the CC treatments. Direct seeding had a tendency to increase mycorrhizal biomass, but the effect was weaker than expected. The P content in the microbial biomass of CC plots in 0-5 cm was temporarily elevated in February directly after cover cropping. DS on the other hand, tended to increase P_{mic} in both depths over the entire period. The shift in the microbial biomass explains the changes of the activities of phosphomono- and phosphodiesterase, which point towards an increased mineralization potential of organic P in 0-5 cm by CC, further increased with DS. This was reflected in the soil P pool, as total organic P tended to decrease in October both by CC and DS in 5-20 cm, although not at the surface layer. The EAA method showed indications of a shift in the composition of the P_{org} pool; however, with a longer duration of the experiment these effects possibly would have been clearer.

With respect to the agronomic results, soy grain P was affected positively both by CC and DS. Nevertheless, besides an improvement of microbial P dynamics in these systems, this effect could originate from a lower plant density on these plots compared to the conventional management, caused by climatic conditions and differences in the expertise of the management of the cropping systems.

In summary, cover crops and direct seeding affected the soil microbial P dynamics and increased the P cycling potential of the system. This effect was generally more visible on the surface compared to the deeper layer, but even detectable in the subsequent crop after more than a year. However, as the interaction between the microbes, enzymatic activities and soil organic P pools did not follow a strict constant pattern, and the effects on the crop caused by the enhanced microbial dynamics cannot be separated from the performance of the different systems, more research is necessary before these promising results can be transformed into solid recommendations.

Literature

- Annaheim K.E., Rufener C.B., Frossard E. and Bünemann E.K. (2013) "Hydrolysis of organic phosphorus in soil water suspensions after addition of phosphatase enzymes" *Biol Fertil Soils* 49, 1203–1213.
- Frostegard A., Baath E and Tunlid A. (1993) "Shifts in the structure of the microbial communities in limed forests as revealed by phospholipid fatty acid analysis" *Soil Biol. Biochem.* 25, 723-730.
- IAASTD (2009) *International Assessment of Agricultural Knowledge, Science, and Technology for Development (Project) Global report*. Island Press, New York.
- Kouno K., Tuchiya Y. and Ando T. (1995) "Measurement of soil microbial biomass phosphorus by an anion exchange membrane method" *Soil Biol. Biochem.* 27, 1353-1357.
- Marx M.C., Wood M. and Jarvis S.C. (2001) "A microplate fluorimetric assay for the study of enzyme diversity in soils". *Soil Biol. Biochem.* 33, 1633-1640.
- Murphy J. and Riley J.P. (1962) "A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters" *Anal. Chim. Acta* 27, 31-36.

Anwendung und Evaluation von Indikatoren zur funktionalen Biodiversität für die Beratung auf einem Praxisbetrieb in Niedersachsen

Benedikt Hellerer, Anna-Sophie Köhler und Sebastian Wolfrum

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/Technische Universität München, Freising. E-mail: sebastian.wolfrum@tum.de

Einleitung

Die wichtigsten Akteure für die Erhaltung der Biodiversität in der Agrarlandschaft sind die Landwirte. Für diese von besonderem Interesse ist die funktionale Biodiversität, also diejenigen Elemente der Biodiversität, die eine Ökosystemleistung und somit einen konkreten Nutzen für die Produktion erbringen. Damit interessierte Landwirte Defizite in diesem Bereich erkennen und entsprechende Maßnahmen ableiten können, muss die funktionale Biodiversität zunächst über einfache und kostengünstige Indikatoren operationalisiert und somit mess- bzw. bewertbar gemacht werden.

Mit diesem Ziel wurde im Rahmen des DBU Projektes „Entwicklung von Instrumenten für das Biodiversitätsmanagement in Wertschöpfungsketten ökologisch erzeugter Lebensmittel“ ein Methodenset mit direkten und indirekten Indikatoren entwickelt. Die für die Praxis entwickelten Materialien (Methodenhandbuch, Videotutorials, Online Rechner für „funktionale Biodiversitätspotentiale“, Beratungskonzept, etc.) können im Rahmen einer gestuften Anwendung flexibel kombiniert werden.

Material und Methoden

Für diesen Beitrag wurde eine Auswahl der im Projekt entwickelten Methoden exemplarisch auf einem Praxisbetrieb in Niedersachsen (190 ha; Marktfruchtbetrieb) in Form einer Fallstudie angewendet und evaluiert.

Zunächst wurde für alle Betriebsflächen und einen 20 Meter breiten Pufferstreifen um die Flächen eine Struktur- und Nutzungskartierung nach Bunce et al. (2008) erstellt. Im Frühjahr 2015 wurden auf 7 Testflächen Regenwürmer mit einer kombinierten Methode aus chemischer Extraktion mittels AITC (Allylisothiocyanat) und anschließender zeitlimitierter Handauslese erfasst (Dennis et al. 2012).

An Hand der gewonnenen Daten wurden Indikatorwerte zur Habitat- und Landschaftsdiversität sowie zur Diversität der Bodenfauna berechnet. Mit diesen Indikatoren wurde die aktuelle Situation auf den Betriebsflächen analysiert und mittels aus der Literatur erstellter Bewertungsfunktionen bewertet. Anschließend wurden, aufbauend auf die Ergebnisse, Vorschläge Handlungsmöglichkeiten erarbeitet und in Maßnahmenkarten dargestellt (Abb. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Die Struktur- und Nutzungskartierung ergab, dass auf den Flächen des Betriebs eine Mindestausstattung von 10 % naturnaher Lebensräume vorhanden ist. Dennoch besteht Handlungsbedarf, da der Anteil an Kleinstrukturen im regionalen Vergleich als zu niedrig bewertet werden muss und die Flächen aus ökologischer Sicht zu wenig strukturiert sind.

Insgesamt wurden 120 Regenwürmer gefangen und vier Arten nachgewiesen. Vier Flächen wurden als „sehr gering mit Regenwürmern besetzt“ bewertet, je eine mit

„wenig besetzt“ bzw. „mittel besetzt“ und eine mit „sehr gut besetzt“. Bei der hoch bewerteten Fläche handelte es sich um eine der wenigen Grünlandflächen des Betriebes. Für den Betrieb wurden auf Grund der Bewertungen 12 Handlungsvorschläge zusammengestellt und für die weitere Diskussion mit dem Betriebsleiter in Karten visualisiert.

Die Fallstudie zeigt, dass Materialien und Indikatoren für die Bewertung funktionaler Biodiversität für Landwirte und Berater zur Verfügung stehen und dass diese in aktuelle und zukünftige Beratungskonzepte integriert werden können.



Abb. 1: Ausschnitt der Struktur- und Nutzungskartierung mit Maßnahmenvorschlägen

Literatur

Bunce, R.G.H., Metzger, M.J., Jongman, R.H.G., Brandt, J., Blust, G. de, Elena-Rossello, R., Groom, G.B., Halada, L., Hofer, G., Howard, D.C., Kovář, P., Múcher, C.A., Padoa-Schioppa, E., Paelinx, D., Palo, A., Perez-Soba, M., Ramos, I.L., Roche, P., Skånes, H., Wrška, T. (2008): A standardized procedure for surveillance and monitoring European habitats and provision of spatial data. *Landscape Ecology* 23 (1), 11–25.

Dennis, P., Bogers, M.M.B., Bunce, R.G.H., Herzog, F., Jeanneret, P. (2012): Biodiversity in organic and low-input farming systems. Handbook for recording key indicators. Alterra Report 2308. Alterra, Wageningen.

Der Einfluss der invasiven Art *Lupinus polyphyllus* auf energetische Parameter von Grünlandbiomasse aus extensiver Bewirtschaftung

Frank Hensgen und Michael Wachendorf

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

E-Mail: hensgen@uni-kassel.de

Einleitung

Die Biodiversität im Extensivgrünland in Europa ist von invasiven, gebietsfremden Arten bedroht (Lapin et al., 2015). Ein Beispiel hierfür ist die starke Ausbreitung der vielblütigen Lupine (*Lupinus polyphyllus* Lindl.). Biodiversität kann durch eine regelmäßige Schnittnutzung erhalten werden (Hensgen et al., 2016). Dies gilt auch, wenn die Biomasse für energetische Zwecke verwendet wird, z.B. zur integrierten Erzeugung von Bioenergie aus Biomasse durch Biogas und Festbrennstoffproduktion (IFBB, Hensgen et al., 2016). In diesem Verfahren wird die Biomasse zunächst siliert, dann in warmen Wasser eingeweicht und anschließend abgepresst, wobei ein Presssaft für die Vergärung in der Biogasanlage entsteht und ein Presskuchen, der nach weiterer Trocknung als Festbrennstoff zur Verfügung steht. Der Effekt der Lupine auf die verbrennungstechnisch relevanten Inhaltsstoffe der Ausgangsbiomassen und der Presskuchen wurden anhand einer Mischungsreihe aus Lupinen und lupinenfreier Biomasse untersucht. Als für die Verbrennung relevant wurde hier der TS-Gehalt untersucht, sowie die Inhaltsstoffe die zu erhöhten Emissionen (N, S, K, Cl) oder Problemen mit Korrosion (S, K, Cl) oder Ascheverschlackung (K, Mg) führen können.

Material und Methoden

Die Biomassen wurden im Juni 2014 im Biosphärenreservat Rhön geerntet. Es wurden Lupinen geerntet, sowie ein Bereich der Assoziation „*Geranio sylvatici Trisetetum*“. Aus diesen Biomassen wurde in 3-facher Wiederholung eine Mischungsreihe aus 0, 25, 50, 75 und 100 Gewichtsprozent Lupine gemischt mit entsprechend 100, 75, 50, 25, und 0% Grünlandbiomasse (L0, L25, L50, L75, L100) einsiliert. Nach 6 Wochen wurden die Proben geöffnet und auf TS und Inhaltsstoffe (N, S, K, Cl, Mg) untersucht. Anschließend wurden die Proben mit 40°C warmen Wasser für 15 min eingeweicht und dann mit einer Schneckenpresse (Steigung 1:6, 6 Umdrehungen pro Minute, Siebkorblochung 1.5mm) entwässert. Presskuchen und Silage wurden auf TS und Inhaltsstoffe untersucht. Die TS Bestimmung erfolgte im Trockenschrank bei 105°C für 48h, die Mineralstoffbestimmung mittels Röntgenfluoreszenzanalyse. Für jeden Inhaltsstoff wurde der prozentuale Massenfluss in den Presssaft berechnet. Es wurde eine ANOVA mit dem Faktor Lupinenanteil als erklärende Variable und den Konzentrationen der Inhaltsstoffe in der Silage als abhängige Variable durchgeführt, mit einem anschließendem Post-Hoc Test (TukeyHSD). Um den Effekt der Lupine auf das IFBB Verfahren zu testen wurde eine ANOVA mit dem Faktor Lupinenanteil als erklärende Variable und den prozentualen Massenflüssen in den Presssaft als abhängige Variable durchgeführt mit einem anschließendem Post-Hoc Test (TukeyHSD).

Ergebnisse und Diskussion

Lupine hat einen eindeutigen Effekt auf die Inhaltsstoffe der Silage. Entsprechend unterscheiden sich die einzelnen Stufen der Mischungsreihe in ihren Inhaltsstoffgehalten signifikant. Die Silagen mit Lupine weisen eine höhere Konzentration an N und Mg auf und eine geringere Konzentration an S, K und Cl. Zudem sind die Lupinensilagen deutlich feuchter. Für die Verbrennung sind die Silagen aufgrund der zu hohen K und Cl Gehalte nicht geeignet, hier wäre mit Verschlackung der Asche und Korrosion zu rechnen, sowie mit dem Risiko der Emission von PCDD/ PCDFs.

Tab. 1: Arithmetische Mittelwerte der Inhaltsstoffkonzentration der Silagen bei unterschiedlichem Lupinenanteil (L0 = 0%, L25 = 25%, L50 = 50%, L75 = 75% L100 = 100% Lupine), unterschiedliche hochgestellte Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede.

Parameter	Einheit	L0	L25	L50	L75	L100
TS	% FM	30.58 ^a	26.07 ^b	23.50 ^c	19.19 ^d	15.67 ^e
N	% TS	1.46 ^e	1.58 ^d	1.73 ^c	1.98 ^b	2.39 ^a
S	% TS	0.13 ^a	0.12 ^{ab}	0.12 ^b	0.11 ^{bc}	0.10 ^c
K	% TS	1.88 ^a	1.71 ^b	1.51 ^c	1.23 ^d	0.93 ^e
Mg	% TS	0.28 ^e	0.32 ^d	0.37 ^c	0.42 ^b	0.56 ^a
Cl	% TS	0.90 ^a	0.76 ^b	0.61 ^c	0.40 ^d	0.11 ^e

Das IFBB Verfahren kann die Mineralstoffgehalte deutlich reduzieren, wie anhand der Massenflüsse in den Presssaft in Tabelle 2 gezeigt wird. Die Massenflüsse unterscheiden sich signifikant für die Elemente N, K und Mg. In allen Fällen sind die Massenflüsse der Silagen mit höherem Lupinenanteil höher als in den Silagen mit keinen oder geringen Lupinenanteilen. Dies ist vermutlich bedingt durch die geringere TS Konzentration der Lupine. So ist in den lupinenreichen Biomassen mehr Wasser vorhanden, das beim Auspressen die Mineralstoffe mit in den Presssaft ausschwemmt.

Tab. 2: Arithmetische Mittelwerte der Massenflüsse in den Presssaft bei unterschiedlichem Lupinenanteil (L0 = 0%, L25 = 25%, L50 = 50%, L75 = 75% L100 = 100% Lupine), unterschiedliche hochgestellte Buchstaben zeigen statistisch signifikante Unterschiede.

	L0	L25	L50	L75	L100
	%	%	%	%	%
TS	15.6 ± 1.5	25.9 ± 5.5	25.4 ± 4.5	25.4 ± 4.3	31.5 ± 3.2
N	39.5 ± 1.1 ^b	48.4 ± 4.2 ^{ab}	46.2 ± 4.4 ^{ab}	51.1 ± 2.0 ^{ab}	55.5 ± 2.1 ^a
S	47.8 ± 2.2	55.9 ± 4.3	49.4 ± 5.9	45.2 ± 2.7	52.7 ± 4.9
K	85.9 ± 0.3 ^c	90.1 ± 0.8 ^b	90.5 ± 0.5 ^b	91.6 ± 0.3 ^{ab}	93.3 ± 0.4 ^a
Mg	63.7 ± 1.1 ^c	73.8 ± 1.5 ^b	75.0 ± 1.7 ^b	76.9 ± 0.9 ^{ab}	81.4 ± 1.3 ^a
Cl	93.3 ± 0.1	95.3 ± 0.6	94.5 ± 0.3	95.4 ± 0.2	94.9 ± 1.0

Literatur

- Lapin, K., Bernhardt, K-G., Lichtenwöhler P., Roithmayr, S. 2015. Welchen Einfluss haben invasive Pflanzenarten auf die Phytodiversität von renaturierten Flusslandschaften?. *Gesunde Pflanzen*. 67, 75-82.
- Hensgen, F., Bühle, L., Wachendorf, M. 2016. The effect of harvest, mulching and low-dose fertilization of liquid digestate on above-ground biomass yield and diversity of lower mountain semi-natural grasslands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 216, 238-292

Wirkung von Gärrückständen im Vergleich mit Stalldung zu Mais, Weizen und Gerste im IOSDV Rauschholzhausen

Jan-Peter Loth, Janna Macholdt, Lothar Behle-Schalk, Feng Yan und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau & Pflanzenzüchtung I,
Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg (BFS), Schubertstr. 81, 35392 Gießen.
E-mail: *Janna.Macholdt@agrar.uni-giessen.de*

Einleitung

Gärreste aus Biogasanlagen stellen heute eine bedeutende Quelle für die Nährstoffversorgung von Kulturpflanzen auf dem Ackerland dar. Hauptsächlich werden sie zur Düngung im Mais, daneben aber auch im Wintergetreide, Winterraps und auf Grünland angewendet. Heute werden in Deutschland etwa 9.000 Biogasanlagen (2015: 8.928 Anlagen) betrieben (Fachverband Biogas 2016), in denen Gärreste mit unterschiedlichen Eigenschaften produziert werden. In Abhängigkeit von den in der Biogasanlage verwendeten Rohstoffen können flüssige Gärreste (4 – 10 % TS) neben dem Stickstoff (3,3 – 7,1 kg N/t) auch relevante Mengen an Phosphor (0,9 – 3,6 kg P₂O₅/t), Kalium (3,7 – 6,6 kg K₂O/t), Kalzium (2,0 – 5,8 kg CaO/t) und humuswirksamen Kohlenstoff (5,5 – 13,0 kg C/t) enthalten (DLG 2014).

Zur objektiven Bewertung und effizienten Nutzung von Gärresten im Ackerbau sind detaillierte Kenntnisse über deren Wirkung erforderlich. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, den Einfluss von Gärresten aus einer NaWaRo-Anlage auf Bodeneigenschaften und Pflanzenertrag nach mehrjähriger Anwendung in einem Dauer-Feldversuch zu klären. Die in diesem Beitrag vorgestellten Befunde konzentrieren sich auf den Effekt der Gärreste auf die Kulturpflanzen Mais, Weizen und Gerste.

Material und Methoden

In der Versuchsstation Rauschholzhausen wurde im Jahr 1984 der Internationale Organische Stickstoff-Dauerdüngungs-Versuch (IOSDV) angelegt, in dem die Nährstoff-Versorgung und Humus-Reproduktion unterschiedlicher Betriebstypen (A: Marktfrucht-Betrieb ohne organische Düngung, B: Viehhaltender Betrieb mit Stalldung, C: Viehloser Betrieb mit Stroh- und Gründüngung) simuliert und verglichen werden. Der IOSDV wurde als dreifaktorielle Versuchsanlage (nach der Ertragsflächenmethode, vollständig randomisiert, 3 Wiederholungen, Parzellenfläche: 30 m²) mit den Prüffaktoren A: Kulturpflanze (Mais, Winterweizen, Wintergerste), B: N-Düngung (5 N-Stufen) und C: Organische Düngung (ohne, Stalldung, Gärrest) etabliert. Die Verwendung von Gärresten wurde in diesem Versuch im Jahr 2009 eingeführt. Der Standort (250 m ü. NN) ist durch eine leicht degradierte Löß-Parabraunerde (Ton Gehalt im Ap: 16 - 18 %) gekennzeichnet. Im Versuchsjahr 2013 wurden 638 mm Niederschläge und eine mittlere Lufttemperatur von 9,2 °C gemessen. Die organischen Dünger waren Rinderdung (30 t/ha) und Gärreste (20 m³/ha, NaWaRo-Anlage, 5,4 % TS, 37 kg Gesamt-N/10 m³, 21 kg org. N/10 m³, 16 kg NH₄-N/10 m³).

Ergebnisse und Diskussion

Betrachtet man zunächst die gemessenen Pflanzenparameter (LAI, Chlorophyll, Ährenzahl/m²), dann ist festzustellen, dass die organische Düngung zu einer signifikanten Erhöhung der Chlorophyll-Gehalte (SPAD-Werte) der Blätter bei allen drei Pflanzenarten (Mais, Weizen, Gerste) führte. Zwischen Stallung (SD) und Gärrest (GR) bestand diesbezüglich kein gesicherter Unterschied. Die LAI-Werte von Mais (an zwei Mess-Terminen), Winterweizen (an einem Termin) und Wintergerste (an zwei Mess-Terminen) waren in den organisch gedüngten Varianten ebenfalls signifikant höher als in der Kontrolle. Die Ährendichte des Weizens lag in der Kontrolle (ohne organische Düngung) im Mittel bei 380 Ähren/m². Durch die organische Düngung erhöhte sich die Ährendichte im Mittel auf 527 (Stallung) bzw. 521 (Gärrest) Ähren/m² ($p < 0,001$).

Die Erträge von Mais (Biomasse-Ertrag), Winterweizen (Kornertrag) und Wintergerste (Kornertrag) unterlagen im Versuchsjahr 2013 einer Wechselwirkung zwischen mineralischer und organischer Düngung (Mais: $p = 0,004$, Weizen: $p < 0,001$, Gerste: $p = 0,01$). Bei der Wintergerste wurde beobachtet, dass der Kornertrag in der N₀-Variante (keine mineralische N-Düngung) bei fehlender organischer Düngung bei 26,9 dt/ha, mit Stallung (SD) bei 40,1 und mit Gärrest (GR) bei 53,5 dt/ha lag ($GD_{5\%} = 7,3$ dt/ha). Auch bei niedriger mineralischer N-Düngung zur Wintergerste (50 kg N/ha) war die SD-Variante (57,8 dt/ha) der GR-Variante (65,3 dt/ha) signifikant unterlegen. Mit zunehmender mineralischer N-Düngung zur Gerste wurden diese Ertragsunterschiede zwischen SD und GR jedoch aufgehoben. Bei hoher N-Düngung (200 kg N/ha in drei Teilgaben) war der Kornertrag der Wintergerste in der SD-Variante mit 109,9 dt/ha höher (jedoch nicht signifikant) als in der GR-Variante (104,2 dt/ha).

Auch beim Winterweizen bewirkte die organische Düngung unter N-Mangelbedingungen (ohne mineralische N-Düngung) eine sehr deutliche Steigerung der Kornerträge von 22,5 dt/ha (ohne organische Düngung) auf 68,5 (SD) bzw. 68,3 dt/ha (GR) ($GD_{5\%} = 10,4$ dt/ha). Bei erhöhter mineralischer N-Düngung verringerten sich diese Ertragsunterschiede. Eine hohe mineralische N-Düngung zum Winterweizen von 150 bzw. 200 kg N/ha konnte die positiven Ertragseffekte der organischen Düngung jedoch nicht vollständig kompensieren. Ähnlich wie bei Gerste waren die Kornerträge der Stallung-Variante bei hoher N-Düngung höher (hier aber nicht signifikant) als die der Gärrest-Variante.

Beim Mais waren die Effekte der Stallung- und Gärrest-Applikation auf den TM-Ertrag insgesamt geringer als bei Weizen und Gerste. Nur in der N-Mangel-Variante (ohne N) und in der gering mit N gedüngten Variante (45 kg N/ha) war ein Effekt der organischen Düngung vorhanden. Bei 90 kg N/ha und höheren N-Gaben zum Mais wurde der Effekt der organischen Düngung vollständig aufgehoben.

Insgesamt konnte festgestellt werden, dass die Kombination der mineralischen N-Düngung mit der organischen Düngung sowohl bei Stallung als auch bei Gärresten zu einer deutlichen Verbesserung der N-Düngerwirkung führte. Diese Effekte sind bei periodisch wiederkehrender organischer Düngung (3-Jahreszyklus) auch im dritten Jahr nach der Applikation festzustellen.

Literatur

DLG (2014): Gärreste im Ackerbau effizient nutzen, DLG-Merkblatt 397, 1. Auflage.

Fachverband Biogas e. V. (2016): Biogas Segment Statistics 2014/2015, [http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/\\$file/15-11-19_Biogasindustryfigures_2014-2015_english.pdf](http://www.biogas.org/edcom/webfvb.nsf/id/DE_Branchenzahlen/$file/15-11-19_Biogasindustryfigures_2014-2015_english.pdf), Zugriff: 8.7.2015

Phosphoreffizienz und genetische Regulation der Phosphataseproduktion und -aktivität bei Kartoffel (*Solanum tuberosum* L.)

Katrin Wacker¹, Klaus J. Dehmer², Bettina Eichler-Löbermann¹ und Ralf Uptmoor¹

¹ Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock.

² IPK Genbank/ Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Groß Lüsewitz. E-Mail: katrin.wacker@uni-rostock.de

Einleitung

Im Vergleich zu anderen Pflanzenarten ist bisher wenig über die Phosphornutzungs- (PUE) und -aneignungseffizienz (PAE) der Kartoffel bekannt und auch das genetische Regulationsnetzwerk in Bezug auf eine erhöhte Expression von Phosphatasen als Antwort auf eine defizitäre Phosphorversorgung ist bislang nicht vollständig verstanden. Um phosphoreffiziente Kartoffelgenotypen zu identifizieren und Gene zu ermitteln, die Teil der Signal- und Aktivierungskaskade sind, wurden in zwei Versuchen unterschiedliche phänotypische und genotypische Methoden angewandt.

Material und Methoden

Das verwendete Pflanzenmaterial bestand aus einem Diversitätsset mit 32 Kartoffelgenotypen und wurde durch die IPK Genbank/Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente zur Verfügung gestellt. In einem ersten Versuch wurden die Kartoffelgenotypen mit zwei verschiedenen P-Versorgungsstufen (P+) und (P-) angebaut und nach López-Arrendondo et al. (2014) hinsichtlich ihrer PAE und PUE untersucht.

Basierend auf den Ergebnissen wurden vier sich in ihrer PUE und PAE unterscheidende Kartoffelgenotypen für weitere Experimente ausgewählt. Die selektierten Kartoffelgenotypen wurden in zwei Behandlungen mit anorganischer (Pi) und organischer (Po) P-Zufuhr angebaut und hinsichtlich der Aktivität saurer Phosphatasen nach der Methode von Tabatabaei und Bremner (1969) untersucht. Die Expression von drei *purple acid phosphatase*-Genen (*PAP1-3*) wurde mittels quantitativer reverse Transkriptase-PCR untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zur PAE und PUE zeigten, dass die 32 untersuchten Genotypen unterschiedlich auf die angewandten P-Versorgungsstufen reagieren und der Genotyp die P-Effizienz beeinflusst. Bei der Untersuchung der Phosphataseaktivität im Boden wurde von einer generell höheren Aktivität in den organisch gedüngten P-Varianten ausgegangen, da der Pflanze hier eine vollständig schwerverfügbare P-Quelle in geringer Konzentration zur Verfügung stand. Bei der Auswertung der Aktivitätsmessung zeigte sich jedoch eine erhöhte Phosphataseaktivität in der anorganischen Düngevariante. Das Ergebnis lässt sich dadurch erklären, dass ein Augenmerk auf Phosphomonoesterase gelegt wurde. Unter den im Boden vorkommenden Phosphatasen wurden die Phosphomonoesterasen am häufigsten untersucht. Diese Enzymgruppe ist zwar in der Lage auf P-Verbindungen mit einem niedrigen Molekulargewicht und Monoesterbindungen einzuwirken kann aber nicht

die Spaltung von Phosphat aus Phytinsäure, welche in unserem Versuch als organische P-Quelle diente, initiieren. Die Ergebnisse der relativen Genexpression der von uns untersuchten sauren Phosphatasen (*PAP1*, *PAP2* und *PAP3*) zeigte kaum genotypische Unterschiede innerhalb der einzelnen P-Düngevarianten auch die verschiedenen Genotypen exprimierten die untersuchten Gene relativ ähnlich. Allerdings wurde deutlich, dass Genotypen mit geringer PAE in der organischen Düngevariante am stärksten *PAP2* und *PAP3* exprimierten, während 'Amsel', ein Genotyp mit hoher PAE am stärksten das Gen *PAP1* exprimierte.

In weiteren Untersuchungen werden sowohl mehrfache Zwischenerntezeitpunkte als auch zusätzliche Genotypen des Diversitätssets einfließen, um die bisherigen Ergebnisse zu verifizieren.

Dies ist ein durch den Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung gefördertes Projekt.

Literatur

- López-Arrendondo, D.L.; Leyva-González, M.A.; González-Morales, S.I.; López- Bucio, J. und Herrera-Estrella, L. (2014): Phosphate Nutrition: Improving Low Phosphate Tolerance in Crops. *Plant Biol.* 2014, 65: 95-123.
- Tabatabai, M.A.; Bremner, J. M. (1969): Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307.

Einsparung von mineralischen Düngern durch die Nutzung regionaler Reststoffströme

Felix Winzer¹, Thorsten Kraska² und Ralf Pude^{1,2}

¹ INRES –Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ² Außenlabore Campus Klein-Altendorf, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Bonn.
E-Mail: fwinzer@uni-bonn.de

Einleitung

Die Nutzung regionaler Biomassepotenziale ermöglicht die Substitution von fossilen Energieträgern, steigert die regionale Wertschöpfungskette und erlaubt die Schließung lokaler Stoffkreisläufe.

Im Rahmen des Projekts „bio innovation Park Rheinland“ wurde für die Region Rheinbach-Meckenheim das Potenzial an verwertbarer, holzartiger Biomasse bilanziert. Die von Obstbau- und Baumschulbetrieben geprägte Region weist im Untersuchungsgebiet jährlich ein theoretisches Potenzial von rund 3.000 t (TM) an Schnitt- und Rodungsholz auf. Der Energiegehalt dieser, bisher als Abfall aus Produktion angesehenen „Eh-Da-Biomasse“ entspricht ca. 1,2 Mio. l Erdöl und 240 t Asche jährlich.

Durch die Erschließung dieses Potenzials wäre es möglich, einen Teil der Produktion vom volatilen Energiemarkt zu entkoppeln und eine Teilautarkie der Landwirte im Wärme und Kältesektor zu erreichen. Gleichzeitig erlaubt die Rückführung der bei der Verwertung der Biomasse entstehenden kaliumreichen Asche den Schluss regionaler Stoffkreisläufe und eine potenzielle Einsparung von mineralischen Düngern. Zur Messung der Phytotoxizität von Rostaschen und darin enthaltenen Schwermetallen [1] wurden Versuche an Weizen (*Triticum aestivum* L.) durchgeführt, um so die Eignung der regional anfallenden Asche für die Substitution von mineralischem Kaliumdünger zu untersuchen.

Material und Methoden

Die für den Versuch benötigten Aschen stammen aus der Verbrennung von Apfelbäumen (Rodeholz) und Miscanthus von den Versuchsflächen am Campus Klein-Altendorf (CKA) in der betriebseigenen Holzhackschnitzelheizung. Die Verbrennung erfolgte in einem 500 kW-Ofen für Biomasse des Kesselbauers (Fa. ÖkoTherm). Die Aschen wurden anschließend durch die LUFA Nord-West auf ihre Nährstoffgehalte untersucht. Die Düngungsversuche mit Weizen erfolgten auf den Freilandflächen am CKA und in Töpfen im Gewächshaus.

Für den Freilandversuch wurde ein Standort mit einer Parabraunerde (lehmgiger Schluff) mit 93 Bodenpunkten gewählt (603,4 mm Niederschlag und 9,4°C im Jahresmittel). Im Herbst 2015 wurde Winterweizen der Sorte „Rumor“ mit 177 kg/ha ausgesät und ein randomisiertes Blockdesign für die Versuchsvarianten mit vier Wiederholungen angelegt. Folgende Düngevarianten werden untersucht: 1. Nullvariante (keine Kaliumdüngung), 2. betriebsübliche Düngung (0,016 kg/m² Kalium (=1,6 dt/ha K₂O)), 3. Apfel-Asche 100% (0,752 kg/m²), 4. Apfel-Asche 50% (0,415 kg/m²), 5. Miscanthus-Asche 100% (0,097 kg/m²), 6. Miscanthus-Asche 50% (0,048 kg/m²). Die mit der Asche ausgebrachte Menge an K₂O beträgt bei den Varianten „100%“ 0,016 kg/m² bzw. 0,008 kg/m² bei den Varianten „50%“. Im Gewächshaus wurden Saatkichte und Düngung aus dem Freiland übernommen und

entsprechend heruntergerechnet. Im Laufe der Pflanzenentwicklung wurden die Keimzahl, Bestandhöhe und SPAD-Werte erfasst. Frisch- und Trockenmasse werden in zwei Teilernten bestimmt. Zu Versuchsende werden Ertrag und Kornqualität ermittelt. Der Bestand wurde im Freiland und im Gewächshaus frei von Schädlingen und Pathogenen gehalten.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchste Keimfähigkeit erreichte die Variante „Miscanthus-Asche 50%“ mit 83,1% gegenüber 82,0% für die betriebsübliche Düngung und 76,4% bei der Variante „Obstbaum-Asche 50%“. Die verwendeten Aschen zeigten keine signifikanten Unterschiede in Bezug auf die Keimfähigkeit des Saatguts. Dies steht konträr zu Ergebnissen von PHOUNGTHONG et al. 2016 [2], welche eine verminderte Keimfähigkeit beobachten konnten. Beim Längenwachstum zeigte die betriebsübliche Düngung

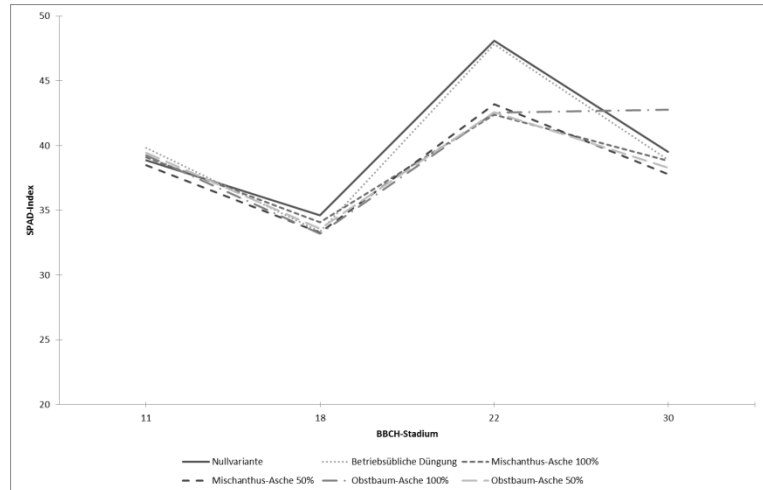


Abb. 1: SPAD-Index von (Winter-)Weizen in Abhängigkeit verschiedener Aschen aus holzartiger Biomasse. $p=0,05$; keine signifikanten Unterschiede

in den BBCH-Stadien 11 und 18 den stärksten Längenzuwachs (8,54 cm bzw. 6,31 cm). In BBCH 22 lag der höchste Zuwachs bei der Nullvariante und in BBCH 30 bei der Variante „Miscanthus-Asche 100%“ mit 13,08 cm. Die maximale Wuchshöhe betrug in BBCH 31 39,7 cm für die „Miscanthus-Asche 100%“, zeigte aber keinen signifikanten Unterschied zu den anderen Varianten.

Die Messung des SPAD-Index ergab nach einem Startwert von 39 Punkten bei BBCH 18 einen Abfall auf 33 Punkte. Dieser Rückgang im SPAD-Index lässt sich auf einen möglichen Stickstoffmangel zurückführen. In Folge dessen wurde in KW 15 eine Stickstoffgabe von 0,6 dt/ha durchgeführt. Diese Düngemaßnahme führte vermutlich zu dem Peak in BBCH 22, welcher bei BBCH 30 wieder abfiel (vgl. Abb.1). Im aktuellen Versuchszeitraum konnten bei den gemessenen Parametern sowohl im Gewächshaus als auch im Freiland keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten festgestellt werden.

Die Zwischenergebnisse deuten darauf hin, dass die eingesetzten Aschen aus biogenen Reststoffen gleichwertig mit mineralischen Kaliumdüngern sind.

Literatur

- [1] XIE, X., ZHOU, Q., HE, Z., BAO, Y., 2010. Physiological and potential genetic toxicity of chlortetracycline as an emerging pollutant in wheat (*Triticum aestivum* L.). Environ. Toxicol. Chemosphere 29, 922 – 928
- [2] PHOUNGTHONG, K., ZHANG, H., SHAO, L., UND HE, J.P. 2016. Variation of the phytotoxicity of municipal solid waste incinerator bottom ash on wheat (*Triticum aestivum* L.) seed germination with leaching conditions. Chemosphere 146 (2016) 547 – 554.

Autorenverzeichnis

Anders N.....	174	Ellmer F ...	44, 114, 122, 156, 210, 222
Angaji J.....	220	Elsalahy H.....	210
Baum C.....	102	Erbs M	34, 38, 190
Baumecker M	222	Ewert F	132, 158
Beck M.....	182	Eyshi Rezaei R	132
Behle-Schalk L.	274	Fahlbusch W.....	172
Bender L.....	28	Federolf C.-P.	48
Bernhuber A	78	Feike T.....	82
Blecher T	204	Fischer J	154, 224
Blum H.....	14	Fleck M	60
Böhm C.....	126	Fleschhut M	120
Böhm H.....	74, 154, 224	Förster S	176
Bohn T.....	106	Frank N.....	60
Borchert H	240	Fricke A	184, 194, 244
Böttcher U.....	88, 116	Friedt W	84, 148
Brandes A.....	192	Fritz M.....	168
Breitsameter L	82	Frölich W.....	166
Brinker S.....	242	Froschhammer P	214
Brock C.....	152, 206	Fuchs H.-J.	98
Brück H.....	266	Gaiser T	158
Brüggemann N	82	Garousi F.....	42
Bruns C.....	232	Gaudchau M.....	242
Burducea M	18	Gerowitt B.....	102
Butz A.....	218	Göbel K.A.	246, 248
Cammalleri A	16	Gossen M.....	176
Chen T.-W.	196	Graeff-Hönninger S...60, 192, 202, 252	
Chmelikova L.....	262, 264	Graner A	102
Christen O.....	24, 160, 200, 230	Graß R	124
Claupein W	60, 162, 192, 202, 252	Grom G.....	210
Dankowsky M	244	Gropp T	100
Dannehl T.....	152	Gruber S.....	162
Daub M.....	228	Grundler F.M.W.	108
de Mol F.....	102	Grunert M.....	9, 230
Dehmer K	102, 276	Grüter M	156
Depner P	262	Haider G	118
Dericks G	176	Hallama M.....	268
Desalegn G.....	208	Hamm A.....	14
Deyerler M.....	182	Hänsch R.....	34
Dier M.....	34, 190	Hansen P	90
Dietrich N.....	212	Hartmann A.....	168
Dolch C.....	40	Hasan Y.....	92
Döring T.F.....	32, 210, 212, 222	Hauer M.....	112
Drerup P	266	Hegewald H	24
Ebrahimi E	128	Hehmann D.....	170, 178
Eckl T	236	Heinrichs C	108
Eder J	120	Hellerer B.....	270
Eichler-Löbermann B.....	100, 276	Hendawy S.F.	252
Ekschmitt K.....	206	Hensgen F	272

Herbst U	44	Kruse M	166
Heß J.....	106, 214, 216	Kücke M.....	34
Hey K.....	172	Kuhles A.....	176
Höcherl S.....	262, 264	Kühling I.....	30
Hoffmann M.....	122	Kuhn A.J.	176
Hofmann A.....	252	Kurz H.....	166
Höller K.....	174	Ladewig E	228
Höller M	174	Lammel J.....	266
Honermeier B 5, 16, 18, 20, 22, 26, 28, 50, 76, 108, 118, 220, 242, 246, 248, 250, 258, 260, 274		Lang C	98, 108
Höping A.....	252	Langkamp T.....	186, 188
Höppner F.....	154, 182, 224	Laufer D.....	66
Horneburg B	212	Legner N.....	52
Hrenn H	166	Lehner B	136
Hubert S	124	Leithold G	80, 152
Hüging H.....	158	Lepp B	170
Hülsbergen K.-J.....	68, 104, 120, 264	Lichthardt C	86
Hupe A	216	Lingnau A.....	108
Jacob I.....	240	Linnemann L.....	250
Jacobs A.....	110	Lobiuc A.....	18
Joergensen R.G.....	216	Loges R	144
Jung R	226	Loth J.-P.....	274
Kage H	38, 82, 88, 90, 96, 116	Ludwig R.....	136
Kammann C.....	118	Luig A	38
Kammlander S.....	78	Lunze A	174
Kandeler E.....	268	Macholdt J.....	28, 242, 274
Kanswohl N	182	Mack L	252
Kanzler M.....	126	Maidl F.X.....	104
Kaul H.-P.	78, 208	Manderscheid R.....	34, 38, 190
Kehm S.....	108	Märländer B	110
Kenter C	228	Mastel K.....	218
Kersebaum K.-C.	82	Matschiner K.....	186, 188
Kirschke T.....	160	Matthes N	156
Kirschner C.....	184	Mehdi B	136
Kleinhenz B	232	Meinen C	52, 54, 62
Kleinschmidt B	178	Meinen R	34
Klepatzki J	114	Memic E.....	192
Kluß C	144	Merkt N	202
Klussmann J.....	26, 250	Merold M.....	262
Koblenz B	24, 160, 200, 230	Mirck J	126
Koch H.-J.....	64, 66, 110	Möller K	46
Kögler F	36	Moualeu D.P.....	94
Köhler A.-S.....	270	Munz S	252
Köpke U.....	72	Myint S.S.	194
Kottmann L	186, 188	Nagler S.....	88
Kovács B	42	Neeland H.....	188
Kraft M.....	186, 188	Neugschwandtner R	78
Kraska T	176, 178, 278	Neukam D.....	140
Kremer P	98	Nichtitz A.....	180
		Nielsen K	122
		Nurk L	124

Olf H.-W.	48	Schroetter S.	186
Olsson A.	228	Schubert S.	1
Onofrei V.	18	Schultz S.	222
Osei-Kwarteng M.	94	Schulz H.	106, 214, 216, 232
Oster S.	20	Schulze S.	64
Paeßens B.	218	Schurr U.	176
Paffenholz J.-A.	198	Schwabe S.	162
Paknejad F.	220	Schweitzer K.	222
Pao Y.-C.	196	Sensel-Gunke K.	44
Pekrun C.	46, 70, 124, 268	Siebert S.	132, 158
Pestsova E.	174	Siebrecht N.	68
Petrova I.	46	Skinner H.	144
Petry M.	180	Snowdon R.	84, 148
Pietzner B.	230	Söffker D.	36
Pillen K.	200	Sommer H.	56, 254, 256
Pilz S.	70	Sparke J.	20
Poyda A.	144	Spieß A.	174
Prücklmaier J.	104	Stahl A.	148
Pude R.	14, 170, 174, 176, 178, 180, 278	Steffens D.	118
Raaijmakers E.	228	Stockfisch N.	112
Räbiger T.	116	Stoll E.	106
Racca P.	232	Stollberg M.	176
Ratjen A.M.	38, 96	Stolzenburg K.	166
Rauber R.	52, 54, 62, 172, 226	Strathausen-Bui M.N.	212
Rehm A.	58, 236, 238	Streit J.	54
Reinsch T.	144	Stumm C.	72
Reinsdorf E.	96	Stumpf B.	258
Reuther M.	108	Stützel H.	40, 82, 86, 94, 184, 194, 196, 198, 244
Robu T.	18	Sung Y.-H.	260
Rose T.	90	Taube F.	144
Rosen A.	92	Tebbe C.	232
Roß C.-L.	44	Teliban G.-C.	18
Roth M.	62	Thiemann F.	180
Roux S.R.	182	Tobisch B.	80
Roye S.	222	Trapp M.	62
Rücknagel J.	230	Trautz D.	30, 48
Rueda-Ayala V.	158	Uptmoor R.	92, 100, 276
Russo M.	22, 248	Urbatzka P.	58, 234, 236, 238
Sadeghi A.	50, 118	Vaziritabar Yavar.	28, 220
Sahamishirazi S.	60	Vaziritabar Yazdan.	28, 220
Salzeder G.	236, 238	Veste M.	126
Schaerff A.	9	Völkerling G.	170, 174, 180
Scherer H.W.	266	Völkl C.	68
Schittenhelm S.	186, 188	Vollrath P.	148
Schlosser S.	166	Wachendorf M.	124, 272
Schmid H.	264	Wacker K.	276
Schmidt A.	222, 230	Wagentristl H.	78
Schmitt D.	126	Wagner C.	198
Schomburg H.	192	Watt M.	176

Wauters A.....	228	Winzer F	278
Weigel H.-J.....	34, 38, 190	Wittkop B	84, 148
Weiler C	202	Wolfrum S	264, 270
Weinand J.....	178	Wu Y.....	206
Wensch-Dorendorf M.....	24	Würfel T	70
Westerschulte M.....	48	Yan F	76, 242, 258, 260, 274
Westhoff P	174	Zacher A	102
Wever C.....	174	Zahn S	200
Wichern F	216	Ziesemer A	164
Wiedow D	182	Zikeli S	60
Wiesinger K.....	240	Zimmer S	106
Wilbois K.-P.....	80	Zörb C.....	34
Winterling A.....	240		