

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 31**

**Landscape Matters -
Agrarlandschaften der Zukunft**

62. Tagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher
Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Präsident: Prof. Dr. H. Stützel
Geschäftsführer: Dr. A. Fricke

Geschäftsstelle:
Leibniz Universität Hannover
Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme
Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau
Herrenhäuser Str. 2
30419 Hannover
Telefon: 0511/762-2638
E-Mail: geschaeftsfuehrer.gpw@gem.uni-hannover.de

62. Jahrestagung der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

10. bis 12. September 2019

Berlin

Landscape Matters -
Agrarlandschaften der Zukunft
Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber:
H. Stützel, A. Fricke
und L. Francke-Weltmann
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

Verlag Liddy Halm
Göttingen 2019

Bibliographische Information der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Bibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

ISSN 0934-5116

Alle Rechte vorbehalten

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

Inhaltsverzeichnis

Plenarvorträge: Landscape Matters - Agrarlandschaften der Zukunft

Stein-Bachinger, K., F. Gottwald: Landnutzung und Artenvielfalt: Wo steht die ökologische Landwirtschaft und wie können Naturschutzleistungen im Betrieb verbessert werden?	1
Hoffmann, H.: Digital Farming – the role of spatial data in crop protection	5

Parallelsektion Ackerbau und Grünlandssysteme

Macholdt, J., H.-P. Piepho, B. Honermeier: Effects of crop rotation systems on the production risk of winter barley depending on different N fertilisation: A risk assessment approach based on a long-term crop rotation trial	8
Dobers, S.: Methodische Herausforderungen bei der Ableitung von Fruchtfolgen aus InVeKoS-Daten in Mecklenburg-Vorpommern.....	*
Hartung, J., U. Thumm, H.-P. Piepho: NPK-fertilizer in grassland	10

Parallelsektion Ökosystemleistungen

Heine, F., S. Wolfrum, J. Burmeister, R. Walter: Vergleichende Untersuchungen zur Diversität epigäischer Arthropoden in mehrjährigen Energiepflanzenkulturen	11
Fischer, J., K. Aulrich, F. Höppner, H. Böhm: Einfluss der Saatedichte von Stangen- bzw. Feuerbohne auf den Ertrag und die Bestandeszusammensetzung im Gemengeanbau mit Silomais.....	13
Grosse, M., W. Hierold: Das BonaRes Daten-Portal: Überblick über Dauerfeldversuche und Bereitstellung von Forschungsdaten	15

Parallelsektion Anbauverfahren

Gollner, G., B. Blankenhorn, A. Surböck, J.K. Friedel: Ist Direktsaat von Soja im Ökologischen Landbau in Niederösterreich möglich?	17
Petersen, J., L. Wenzel, P. Forst, A. Bugner: Einfluss der Zusatzbewässerung auf die Strukturparameter und den Ertrag von Winterweizensorten	19
Feike, T., D. Fiedler, D. Jeschke: Impact of shifted sowing dates on phenology, growth and yield of narrow-leaved lupin (<i>Lupinus angustifolius</i> L.)	21

Parallelsektion Nährstoffmanagement

Koal, P., T. Zicker, F. Freitag, P. Winklhofer, B. Eichler-Löbermann: Phosphordüngungsstrategien im Langzeit-Feldversuch: Entwicklung der Phosphorfraktionen im Boden in Abhängigkeit mineralischer und organischer Düngungsvarianten	23
Heumann, S., A. Fier, K. Meyer: Sind die Abschläge zur Berücksichtigung der Stickstoffnachlieferung bei der Düngebedarfsermittlung nach neuer DüV ausreichend? - Evaluationen anhand eines N-Mineralisationsmodells.....	25
Kühling, I., M. Vergara, M. Beiküfner, D. Trautz: Potential von Düngebeschränkungen zur Verringerung der Nitratausträge in einem intensiv genutzten Trinkwassergewinnungsgebiet Nordwestdeutschlands	27

Parallelsektion Digitale Landwirtschaft

Wengert, M., J. Wijesingha, T. Astor, M. Wachendorf: Ertrags- und Qualitäts-schätzung von Grünland mittels drohnengestützter hyperspektraler Bilder.....	29
Donauer, J., J. Bukowiecki, T. Rose, H. Kage Teilflächenspezifische Ertrags-bildung von Winterweizen unter Trockenstress	31
Kling, C. et al.: Potential sensorbasierter Texturkarten zur Bewertung.....	33

Parallelsektion Bodenbearbeitung

Möller, K., K. Hartung, T. Würfel, C. Erbe, J. Breuer: Einfluss von Direktsaat und Streifensaat im Vergleich zu einer flächigen Bearbeitung auf Ertrag, Zusammensetzung und Umweltparameter im Dauerbodenbearbeitungs-versuch Stifterhof	35
Athmann, M., T. Kautz, H. Hoberg, U. Köpke: Einfluss von Tiefenmelioration mit und ohne Komposteinbringung auf das Spross- und Wurzelwachstum von Sommergerste.....	37
Roßberg, R., S. Ahlers, A. Büchse: Vergleich von Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung im mitteldeutschen Trockengebiet.....	39

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Grüner, E., T. Astor, M. Wachendorf: Biomasseabschätzung im Feldfutterbau mittels drohnengestützter RGB-Aufnahmen	41
Reckling, M.: Design and assessment of legume-supported cropping systems	45
Salehi, A., S. Fallah, K. Zitterl-Eglseer, H.-P. Kaul: Yield advantage, nutrient use efficiency and bioactive compounds of buckwheat as influenced by organic fertilizer under intercropping with fenugreek.....	49
Struck, I.J., T. Reinsch, C. Kluß, A. Herrmann, R. Loges, F. Taube: No-tillage silage maize (<i>Zea mays</i> L.) in ley-arable systems – Crop performance and environmental effects under maritime climates	52

Poster - Themenbereich 1: Anbauverfahren

Arrekhi, A., H. Niknahad-Gharmakher, J. Bachinger, R. Bloch: Effects of various chemical and non- chemical seed stimulator treatments on germination and germination parameters of <i>Salsola torcomanica</i>	56
Heimpold, K.: Optimierung des Lupinenanbaus in Nordostdeutschland.....	58
Rinke, N., H. Böhm: Bewertung des Gemengeanbaus von Saatwicken mit Hafer anhand des Kornertrages und der Konkurrenzkraft der Mischkultur	59
Winterling, A., J. Uhl, M. Deyerler, P. Urbatzka: Ertrag von Blauer Lupine im Gemenge mit Getreide	61
Owino, L., D. Söffker: Deficit irrigation-based control of leaf appearance in early vegetative stages of maize growth	63
Winte, C., M. Kohlbrecher, D. Trautz: Potential von Foliensystemen zum Anbau von Süßkartoffeln in Deutschland.....	65
Ma, H.: Systematic analysis of biochar performance on plant growth in soybean cropping system at marginal area in Germany and China.....	67
Nezam Abadi, S.M., O. Rechner, A. Fricke, H. Stützel: Root Growth of Sugar Beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) in Subsurface Drip Fertigation system	68

III

Neugschwandtner, R.W., A. Stich, H. Wagentristl, G. Dobos, A. Klimek-Kopyra, H.-P. Kaul: Einfluss von Saattermin und Reihenweite auf den Ertrag und die Ertragsstruktur von Wintermohn	69
Eulenstein, F., T. Lade, J. Pickert, A. Behrendt, U. Schindler, P. Lentsch, J. Ahlborn, P. Scharschmitt: Einsatz von Mikrogranulaten und Mikroorganismen zur Steigerung der Nährstoffeffizienz im Maisanbau	71
Stella, T., I. Mouratiadou, T. Gaiser, M. Berg-Mohnicke, C. Nendel: Der Beitrag von Pflanzenrückständen zum Humusaufbau: Wie realistisch ist der 4 ‰-Ansatz?	73
Röper, K., S. Köller, M. Lünsdorf, N. Püttchneider, F.-F. Gröblichhoff, R. Pude, B.C. Schäfer: Mögliche Substitution konventioneller Baumaterialien durch Nachwachsende Rohstoffe	75
Poster - Themenbereich 2: Ackerbau- und Grünlandssysteme	
Röper, K., R. Pude, F.-F. Gröblichhoff, B.C. Schäfer: Auswirkung der Stroh-nutzung von Körnerleguminosen auf den Vorfruchtwert bei Winterweizen	77
Urbatzka, P., S. Zott: Einfluss des Klee-grasmanagement auf Ertrag und Qualität der Nachfrüchte im ökologischen Landbau	79
Meinen, C., R. Rauber, S. Siebert: Hafer als Zwischenfrucht vermindert Nitratauswaschung im Winterackerbohnenanbau	81
Fuchs, P., J. Rücknagel, O. Christen: Einfluss von Zwischenfrüchten auf Lachgasemissionen und Stickstoffeffizienz unter den Bedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes.....	83
Götze, P., H.-J. Koch: Der Einfluss von Fruchtfolge und Rübenblatt-düngung auf den Vorrat an organischen Kohlenstoff im Systemversuch Fruchtfolge Harste	85
Ziesemer, A.: Bewertung von erweiterten Raps-Fruchtfolgen aus ökonomischer Sicht	87
Butz, A.F., B. Paeßens, G. Salzeder, P. Urbatzka: Vergleich der Vorfruchtwirkung von Soja, Körnererbsen und nichtlegumen Vorfrüchten auf Ertrag und Qualität von Winterweizen im ökologischen Landbau.....	89
Stracke, A., H.-J. Koch: Ober- und unterirdische Biomassebildung sowie N-Aufnahme von Zwischenfrüchten und dessen Einfluss auf den Nmin-Verlauf	91
Winterling, A., A. Ostermayr, P. Urbatzka: Einfluss legumer Zwischenfrüchte auf die Blaue Lupine hinsichtlich bodenbürtiger Krankheitserreger	93
Räbiger, T. et al.: Minderung von Treibhausgasemissionen in der Pflanzenproduktion durch optimierte Zwischenfruchtanbausysteme.....	95
Salehi, A., S. Fallah, H.-P. Kaul: Effect of intercropping and fertilizer application on growth and productivity of fenugreek in semi-arid condition	97
Halwani, M., M. Reckling, R. Bloch, J. Bachinger: Economic effects of rye as cover crop before soybean in zero-tillage cropping systems at the north-east of Germany	99
Euteneuer, P.: Influence of cover crops on <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> in soybean production	*
Sawade, L., I. Kühling, M. Reckling: Einfluss von Klima, Fruchtfolge und Kalkdüngung auf die Entwicklung der Ertragsstabilität von Körnerleguminosen in Dauerfeldversuchen aus Schweden und Deutschland	101

IV

Graß, R., S. Malec, M. Wachendorf: Agroforst-System aus Grünland und Weiden im Kurzumtrieb - Biomassedynamik der zweiten Rotation	103
---	-----

Poster - Themenbereich 3: Ökosystemleistungen

Schulz, V.S., C. Schumann, M. Müller-Lindenlauf, K. Stolzenburg, S. Weisenburger, K. Möller: Einfluss von blühenden, die biologische Vielfalt steigernden Gemengepartnern auf die Erträge von Silomaisbeständen (<i>Zea mays</i> L.).....	105
Hanusova, H., L. Chmelikova, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Ackerbegleitflora in ökologischen und konventionellen Agrarökosystemen.....	107
Wolfrum, S., B. Panassiti, J. Burmeister, R. Walter: Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen	109
Burmeister, J., S. Birnbeck, S. Wofrum, R. Walter: Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen	111
Wofrum, S., J. Burmeister, R. Walter: Schritte zu biodiversitätsbasierten Pflanzenbausystemen	113
Chmelikova, L., S. Höcherl, S. Papaja-Hülsbergen, H. Schmid, K.-J. Hülsbergen: Regenwurmuntersuchungen in Agroforstsystemen.....	115
Pekrun, C., S. Pilz, D. Quast: Konservierender Ackerbau ohne Glyphosat – erste Erfahrungen aus On Farm-Versuchen in Südwestdeutschland.....	117

Poster - Themenbereich 4: Ökonomie

Repmann, F., N. Dietrich, M. Heinrich, K. Sensel-Gunke, N. Petzke, W. Bokelmann, T. Raab: Neue Absatzmärkte für Gärprodukte durch Aufbauagglomeration mit Sekundärstoffen.....	119
--	-----

Poster - Themenbereich 5: Physiologie

Munz, S.: Morphological response of soybean to the light regime within an intercropping system with maize	121
Pao, Y.-C., T.-W. Chen, D.P. Moualeu, H. Stützel: Functional adaptation strategies in photosynthesis to light and nitrogen availabilities of two highly productive cucumber cultivars with contrasting canopy structures	123
Moualeu-Ngangue, D., C. Dolch, H. Stützel: A QTL based model to quantify the water used of 200 Barley (<i>Hordeum vulgare</i> L.) genotypes under drought stress	125
Myint, S.S., D. Moualeu-Ngangue, H. Stützel: Sensitivity of structural and functional drought reactions of tomatoes under varying vapor pressure deficits	127
Solbach, J.A., A. Fricke, H. Stützel: Einfluss der Lichtumgebung auf das Wachstum und die Morphologie von Chinakohl und Basilikum in Torfersatzstoffen	129
Kamau, S.M., H. Stützel, J.M. Wesonga: Evaluation of growth and yield performance of medium duration pigeonpea (<i>Cajanus cajan</i>) under water stress	131
Hofmann, M., M. Dandl, S. Thurner: Vorversuch zur Empfindlichkeit von Wasserkreuzkraut (<i>Senecio aquaticus</i>) auf Heißwasserbehandlung	133
Schmitz, S.: Methoden zur Untersuchung der Blattexpansion.....*	
Lange, C., T. Zicker, B. Eichler-Löbermann: Aktivität von Phosphatasen in Abhängigkeit von der Phosphor-Zufuhr und der Fruchtart in unterschiedlichen Bodentiefen	135

Poster - Themenbereich 6: Qualität

Röper, K., R. Pude, F.-F. Gröblichhoff, B.C. Schäfer: Differenzierung der Inhaltsstoffe von Körnerleguminosenstroh durch die Seneszenz als Einflussfaktoren für die Nutzung des Stroh in Biogasanlagen	137
Stumpf, B., M. Künne, L. Ma, M. Xu, F. Yan, B. Honermeier: Optimierung der Extraktionsmethode zur Analyse phenolischer Verbindungen in Artischockenblättern.....	139
Moll, L., G. Völkerling, R. Pude: Bedeutung von Miscanthus-Genotypen auf die Lignin-Freisetzung in zementären Systemen	141
Frase, N., G. Völkerling, R. Pude: <i>Silphium perfoliatum</i> als alternative Faserpflanze für die Papierindustrie	143
Ramandi, A.D., B. Honermeier: Gehalte an Gesamt-Phenolen und Rosmarinsäure sowie antioxidative Wirkung der Blätter unterschiedlicher Minze-Arten (<i>Mentha</i> sp.)	145
Nause, N., C. Hoffmann: Gewebeeigenschaften von Zuckerrüben mit unterschiedlicher Festigkeit.....	147
Kämpfer, T., D. Gabriel, G. Rühl, J.-M. Greef: Neue Aspekte der Qualitätsbeurteilung in der Backweizenerzeugung.....	149
Burgel, L., S. Graeff-Hönninger: Gewinnung an Cannabidiolsäure (CBDA) aus Nutzhanf (<i>Cannabis sativa</i> L.) in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums und des Ernteorgans.....	151
Volkman, C., L. Linnemann, B. Honermeier: Vergleich unterschiedlicher Methoden der Bestimmung des Glutenin-Makro-Polymers (GMP) zur Beurteilung der Backqualität von Weizen.....	153
Kleuker, G., C. Hoffmann: Beschädigung und Lagerungsverluste bei unterschiedlicher Gewebefestigkeit von Zuckerrüben	155

Poster - Themenbereich 7: Wurzelsystem

Roß, C.-L., M. Eschwe, C. Borm, T. Kautz: Spross- und Wurzelentwicklung von <i>Solanum tuberosum</i> L. bei Einsatz von Gärrückständen in variierenden Ablagetiefen	157
Dirks, I., J. Streit, C. Meinen: Vertical root distribution of white clover and perennial ryegrass differs between sole stands and intercrops.....	159
Petzoldt, L., T. Kautz: Wurzelwachstum von Ackerbohne (<i>Vicia faba</i> L.) und Sommergerste (<i>Hordeum vulgare</i> L.) im bioporennahen Unterboden.....	161
Rose, T., H. Kage: Durchwurzelungstiefe als Merkmal der Trockenstresstoleranz: Bedeutung und Möglichkeiten der Phänotypisierung in einem Winterweizen-Sortiment	163

Poster - Themenbereich 8: Züchtung

Chen, T.-W.: Breeding progress in winter wheat is achieved by possessing multiple mechanisms for contrasting environments..... *	
Hoffmann, C.: Bedeutung des Blattwachstums für den Ertrag von Zuckerrübensorten	165
Wever, C., L. Becker, M. Höller, P. Westhoff, E. Pestsova, R. Pude: Genetische Evaluation europäischer und nativer amerikanischer Akzessionen der Becherpflanze (<i>Silphium perfoliatum</i> L.) für eine de novo Domestikation	167

VI

Höppner, F., J. Fischer, H. Böhm: Sorten- und Saatzeitdifferenzierung von Stangenbohnen beim Gemengeanbau mit Mais	169
Feike, T. et al.: Development of lodging-resistant and climate-smart rye – a contribution to a sustainable cereal production in marginal environments	171
Wang, T.-C., P. Casadebaig, H. Stützel, T.-W. Chen: TSI :Tool for Stability Indices	173

Poster - Themenbereich 9: Kommunikation

Trimpler, K., C. Roß: Wie können wissenschaftliche Ergebnisse einer Betriebsbefragung im Zuckerrübenanbau für die Allgemeinheit aufbereitet werden?	174
Roß, C., K. Trimpler: Wissenschaftskommunikation zwischen Objektivität und Emotionen	176

Poster - Themenbereich 10: Bodenbearbeitung

Lorenz, M. et al.: SOILAssist – Nachhaltige Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen durch intelligente Landbewirtschaftung – Ein Echtzeit-Assistenzsystem für die Praxis.....	178
Siekmann, M., A. Jacobs, M. Lorenz, J. Brunotte: Gefährden Wetterextreme und intensiver Feldverkehr Bodenfunktionen und Erträge? Vergleich unterschiedlicher Felder anhand des Managements und der Weizenerträge	180
Pöhlitz, J., J. Rücknagel, S. Schlüter, H.-J. Vogel, O. Christen: Kurzfristige Auswirkungen differenzierter Bodenbearbeitungsintensität auf die physikalischen Bodeneigenschaften und den Ertrag bei Sommergerste im mitteldeutschen Lössstrokengebiet	182
Huynh, T.H., J. Hufnagel, A. Wurbs, S.D. Bellingrath-Kimura: Impacts of tillage, irrigation and irrigation treatments on soil characteristics from a 10-year field study from 2008 – 2017 in Müncheberg, Germany	184

Poster - Themenbereich 11: Dauerfeldversuche

Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, B. Leschhorn, F. Yan, M. Kolmer, B. Honermeier: Long-term effect of crop rotation on soil properties (NO ₃ -N and Nt) and yield performance of wheat, rye and barley under different mineral fertilization - LTE "BSG" Giessen	186
Yan, F., B. Leschhorn, H. Schwinn, A. Schön, B. Honermeier: Einfluss einer langjährig unterschiedlichen NPK-Düngung auf Bodeneigenschaften und auf den Ertrag und die Qualität von Zuckerrüben im Erschöpfungsversuch Gießen	188
Merbach, W., F. Herbst, W. Gans, U. Völker: Entwicklung der pH-Werte und Nährstoffverfügbarkeit im Dauerversuch „Ewiger Roggen“ (Halle (Saale)) im Verlauf von 140 Jahren	190
Schwarz, J.: Erkenntnisgewinn aus Dauerfeldversuchen zum Pflanzenschutz	192

Poster - Themenbereich 12: Düngung

Urbatzka, P., E. Heiles, B. Graber, S. Zott, G. Salzedo: Einfluss einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualität von Weizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus.....	194
Weisenburger, S., A. Monkos, S. Zarnik: Einfluss von N-Düngestrategie und Wachstumsreglereinsatz auf die Standfestigkeit, Ertrag und Qualitätsparameter von Emmer und Einkorn.....	196

VII

Stotter, M., M. Hamer, K. Leitenberger, G. Völkening, R. Pude: Erfassung der N-Dynamik verschiedener Wirtschaftsdünger in Wintergerste und Senf im Dürrejahr 2018	198
Bönecke, E.: Tillage, disease, and fertilisation effects on yield and nitrogen use efficiency of crops under moderate sea climate in North Germany	*
Urbatzka, P., T. Eckl, W. Miederer, A. Urgibl, J. Uhl: Prüfung verschiedener Schwefeldünger und Düngermengen im Klee gras und Bestimmung der Vorfruchtwirkung auf Winterweizen im ökologischen Landbau.....	200
Salehi, A., S. Fallah, B. Mahdi, R.W. Neugschwandtner, H.-P. Kaul: The effect of organic and inorganic fertilizers on nitrogen and phosphorus uptake and nutrient use efficiency in fenugreek-buckwheat intercrops	202
Kirschke, T., J. Zill, H. Hahn, J. Rücknagel, O. Christen: Einfluss von Small Molecules auf die Blattseneszenz sowie das Spross- und Wurzelwachstum junger Gerstenpflanzen (<i>Hordeum vulgare</i>) unter Stickstoffmangel	204
Steuer-Schoo, B.: Eignung unterschiedlicher Indikatoren zur Früherkennung von Nitratfrachten im Ackerbau	*
Thai, T.H., D. Barkusky, C. Hoffmann, S.D. Bellingrath-Kimura: Effect of fertilizers and weather on yield of spring barley in a long-term field experiment in Northeast Germany	206
Poster - Themenbereich 13: Fernerkundung	
Bukowiecki, J., H. Kage: Drohnengestützte Optimierung der N-Düngung von Winterraps	208
Kyere, I., T. Astor, R. Graß, T. Fricke, M. Wachendorf: Analysing the effects of biogas production on agricultural land-use based on satellite imagery and IACS data - A case study in northern Hesse	210
Weng, J., F.-X. Maidl, K.-J. Hülsbergen: Charakterisierung des Biomassestatus sowie der Stickstoffaufnahme von Mais als Voraussetzung für eine sensorgestützte teilflächenspezifische Düngung.....	212
Reddersen, B., H. Kage: Drohnenbasierte Phänotypisierung von Rapsbeständen hoher Stickstoffnutzungseffizienz im Feldversuch mit verschiedenen Düngestufen (ModelLowN).....	214
Schulze-Brüninghoff, D., F. Hensgen, T. Möckel, M. Wachendorf: Schätzung des Ertrags extensiver Grünlandbestände durch die Kombination von laserbasierten und hyperspektralen Informationen.....	216
Zeller, M., M. Weis, J. Ott, K. Möller: Vergleich von sensor- und geodatenbasierten Ansätzen der teilflächenspezifischen Bestandesführung	218
Machleb, J., A.F. Butz, R. Gerhards: Kamerasgestützte mechanische Unkrautkontrolle in Winterweizen mit konventionellem Reihenabstand	220
Strenner, M., F.-X. Maidl, K.-J. Hülsbergen: Entwicklung eines Verfahrens zur sensorgestützte Optimierung der Stickstoffdüngung bei Winterroggen.....	222
Halwani, M., R. Bloch, J. Bachinger: Relationship between nodulation, leaves nitrogen content and spad-502 chlorophyll meter readings of soybean	224

VIII

Poster - Themenbereich 14: Precision Farming

Butz, A.F., L. Merkle, K. Möller: Auswirkung verschiedener Verfahren der N-Düngebedarfs-ermittlung auf Ertrag, Qualität und N-Effizienz von Winterweizen bei unterschiedlichem, durch Bewässerung gesteuertem Ertragspotenzial	226
Mittermayer, M., A. Gilg, F.-X. Maidl, L. Nätscher, K.-J. Hülsbergen: Erfassung der räumlichen Variabilität von Boden- und Pflanzenparametern: Grundlage für die teilflächenspezifische N-Bilanzierung	228
Gitzel, J., J. Schwarz: BoniPS: ein mobiler Softwareassistent zur Unterstützung des integrierten Pflanzenschutzes.....	230

Poster - Themenbereich 15: Klima

Urbatzka, P., A. Rehm: Ertrag- und Qualitätsstabilität verschiedener Sorten von Winterweizen im ökologischen Landbau	232
Salama, H.S.A., A.I. Nawar: The potential of guar [<i>Cyamopsis tetragonoloba</i> (L.)] as a summer forage legume grown in the Mediterranean climate	234
Ebmeyer, H., C. Hoffmann: Einfluss von Trockenstress auf Ertragsbildung und Qualität von Zuckerrüben	236
Webber, H. et al.: Drivers of crop response to climate change in Europe	238
Sobko, O., S. Zikeli, W. Claupein, S. Gruber: Umwelteinflüsse auf die Sojaproduktion in Deutschland.....	240

Autorenverzeichnis.....	242
--------------------------------	------------

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Landnutzung und Artenvielfalt: Wo steht die ökologische Landwirtschaft und wie können Naturschutzleistungen im Betrieb verbessert werden?

Karin Stein-Bachinger und Frank Gottwald

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF e.V.), Programmbereich 2, Landnutzung & Governance, 15374 Müncheberg

Einleitung

Die Art der Landnutzung hat einen maßgeblichen Einfluss auf die biologische Vielfalt in der Agrarlandschaft. Viele Arten, wie Feldvögel und Amphibien, leben teilweise auf landwirtschaftlich genutzten Flächen. Ackerwildkräuter würden ohne regelmäßige Bodenbearbeitung verschwinden. Der alarmierende Rückgang der Biodiversität wird zu einem großen Teil der intensiven Landbewirtschaftung zugeschrieben (Schmidt-Traub et al. 2019). Trotz vieler Bemühungen in den vergangenen Jahrzehnten, den Artenrückgang weltweit zu stoppen, hat sich der Verlust an biologischer Vielfalt weiterhin beschleunigt. Dies belegt erneut der aktuelle Bericht des Weltbiodiversitätsrates (IPBES 2019). Das Autorenkollektiv von insgesamt 145 Wissenschaftlern aus mehr als 50 Ländern prognostiziert, dass in den kommenden Jahrzehnten eine Million Arten vom Aussterben bedroht sind, wenn es zu keinen grundlegenden Änderungen bei der Landnutzung, dem Umweltschutz und der Eindämmung des Klimawandels komme. Die Autoren führen weiter aus, dass Zuwächse materieller Ökosystemleistungen (z.B. Energie, Nahrungs- und Futtermittel) oft nicht nachhaltig sind: seit 1970 wurden beispielsweise ca. dreimal so viel an Nutzpflanzen produziert, während viele regulierende Ökosystemleistungen (z.B. im Boden gebundener organischer Kohlenstoff, Bestäubervielfalt) zurückgegangen sind; Bestäuberverluste bergen ein Risiko von weltweiten Ernteaufgängen im Wert von jährlich bis zu 577 Milliarden US-Dollar.

Von Seiten verschiedener Umweltverbände wird seit langem eine grundlegende Reform der EU-Agrarsubventionen gefordert, indem öffentliche Mittel für die Landwirtschaft verstärkt an die Erbringung gesellschaftlicher Leistungen gekoppelt werden. Vor diesem Hintergrund besteht die Frage, welchen Beitrag die ökologische Landwirtschaft aktuell für die Artenvielfalt erbringt? Damit verbunden ist die Frage, wie Naturschutzleistungen in ihrer Komplexität auf gesamtbetrieblicher Ebene bewertet und weiter verbessert werden können? Entscheidend ist dabei, Wege zu finden, die eine Umsetzung von Naturschutzmaßnahmen dauerhaft gewährleisten.

Im Folgenden werden Ergebnisse einer umfangreichen Literaturstudie zu den ‚Leistungen der ökologischen Landwirtschaft für Umwelt und Gesellschaft‘ (Sanders & Heß 2019, Hrsg.) in Bezug auf die Biodiversität dargestellt. Des Weiteren werden auf Grundlage des interdisziplinären Projektes ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt‘ pflanzenbauliche Strategien zur Verbesserung der Biodiversitätsleistungen inkl. eines Bewertungsverfahrens auf gesamtbetrieblicher Ebene erläutert.

Methodik

Im Rahmen der Literaturstudie wurden für den Zeitraum 1990 bis 2017 die Leistungen der ökologischen Landwirtschaft für die Biodiversität im Vergleich zur konventionellen Bewirtschaftung ermittelt. Von insgesamt 801 identifizierten Studien wurden anhand projektübergreifender und themenspezifischer Auswahlkriterien 75 Studien mit 312 Vergleichspaaren für die Indikatoren Artenzahl und Abundanz für ausgewählte Artengruppen der Flora und Fauna ermittelt. Die quantitative

Auswertung der Daten erfolgte deskriptiv statistisch und anhand einer Klassifikation in drei Gruppen (höhere (öko+), vergleichbare (öko=) sowie niedrigere (öko-) Leistungen durch ökologischen Landbau) (Details zur Methodik s. Stein-Bachinger et al. 2019).

Im Projekt ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt‘ können Landwirte eine zusätzliche Qualifikation für besondere Leistungen zur Förderung der Biodiversität erwerben, wenn sie die für das Naturschutz-Zertifikat erforderliche Punktschme auf gesamtbetrieblicher Ebene erreichen (Gottwald & Stein-Bachinger 2016, 2018). Ein Maßnahmenkatalog mit über 100 Einzelmodulen bietet den Landwirten die Möglichkeit, die für ihren Betrieb passenden Naturschutzmaßnahmen auszuwählen. Bewertet werden vorhandene Naturschutzleistungen sowie zusätzliche Anbau- und Nutzungsverfahren, die an die Ansprüche spezieller Arten angepasst sind und meist über die praxisübliche Bewirtschaftung hinausgehen. Durch fachkundige Naturschutzberater wird die Umsetzung unterstützt. Monitoring und Erfolgskontrollen zu ausgewählten Maßnahmen tragen zur Effektivität der Umsetzung bei.

Leistungen für die Artenvielfalt

Für die in der Literaturstudie untersuchten Artengruppen (Ackerwildkräuter, Ackersamenbank, Saumvegetation, Feldvögel und blütenbesuchende Insekten) sind positive Effekte des ökologischen Landbaus auf die Biodiversität eindeutig belegbar. Insgesamt zeigten sich bei 86 % (Flora) bzw. 49 % (Fauna) der Vergleichspaare deutliche Vorteile gegenüber der konventionellen Bewirtschaftung. Nur in 2 von 75 Studien (12 Vergleichspaare von 312) wurden anhand der vorgenommenen Klassifikation negative Effekte bei ökologischer Bewirtschaftung festgestellt. Der Median lag für die mittleren Artenzahlen bei den Ackerwildkräutern in den ökologischen Varianten um 95 % höher, bei der Acker-Samenbank um 61 % und der Saumvegetation um 21 %. Bei den Feldvögeln und Insekten lagen die Mediane für die mittlere Artenzahl und Abundanz zwischen + 23 und + 35 %. Die aktuellen Ergebnisse bestätigen bzw. übertreffen zum Teil sogar die Aussagen bisheriger Literaturstudien hinsichtlich der positiven Wirkungen des ökologischen Landbaus (u.a. Hole et al. 2005, Tuck et al. 2014). Demnach kommt der ökologischen Landbewirtschaftung eine hohe Bedeutung für den Erhalt der Artenvielfalt zu.

Weiterentwicklung von Managementsystemen

Über die systemimmanenten Leistungen des ökologischen Landbaus hinaus besteht ein weiteres Aufwertungspotenzial durch angepasste Anbau- und Nutzungsverfahren, da bestimmte Arten durch die gängige Praxis nicht erhalten bzw. gefördert werden können. Nicht zu unterschätzen ist außerdem der ökonomische Druck, der zur Intensivierung und Spezialisierung führen kann mit negativen Auswirkungen auf die Artenvielfalt. Ein neuer Weg, diese Konflikte zu mindern und die individuell vorhandenen Naturschutzleistungen mit zusätzlichen, effektiven Maßnahmen zur Erhöhung der Biodiversität zu koppeln und diese transparent für Verbraucher zu machen, wurde mit der Einführung des Naturschutzmoduls ‚Landwirtschaft für Artenvielfalt‘ beschritten. Das Projekt wurde von Landwirten des Biopark-Verbandes und dem WWF Deutschland initiiert. Zur Zeit sind 76 Landwirte mit ca. 42.000 Hektar aus Nordost- und Süddeutschland beteiligt und können, wenn sie die erforderliche Punktschme unter Berücksichtigung aller im Betrieb erbrachten Naturschutzleistungen erreichen, eine finanzielle Honorierung bei der Vermarktung bestimmter Produkte über Edeka erhalten. In Tabelle 1 wird eine Auswahl von umgesetzten Maßnahmen in 50 zertifizierten Betrieben dargestellt. Insgesamt werden auf diesen Betrieben 92 verschiedene Naturschutzleistungen erbracht.

Die begleitenden wissenschaftlichen Untersuchungen belegen u.a., dass der Nesterfolg des Braunkehlchens durch Stehenlassen von gezielt ausgewählten Teilflächen im Grünland während der Brutsaison bis Mitte Juli nahezu verdoppelt werden konnte (Gottwald et al. 2017a). Arten wie der stark gefährdete Acker-Schwarzkümmel (*Nigella arvensis*) (Rote Liste 2) können durch späte Stoppelbearbeitung (ab Mitte September) und Verzicht auf Striegeln gezielt gefördert werden (Gottwald et al. 2017b). Diese sog. ‚kleinflächig effektiven Maßnahmen‘ sind auch bei geringem Flächenanspruch sehr vorteilhaft für verschiedene Arten wie Feldvögel und Insekten. Aus Tabelle 1 wird ersichtlich, dass 58 % der Betriebe Teilflächen bei der ersten Nutzung im Grünland und 18 % im Klee gras stehen ließen. Eine zeitliche Einschränkung des Schleppens und Walzens zur Schonung von Vogelnestern und Amphibien realisieren 86 % der Betriebe auf insgesamt rund 50 % der Grünlandfläche.

Tab. 1: Naturschutzleistungen von 50 ökologisch bewirtschafteten Betrieben (Auswahl, Gottwald & Stein-Bachinger 2018)

	Betriebe	Fläche
Ackerland (ca. 15.000 ha)		
reduzierter Striegeleinsatz	40 %	32,0 %
Stoppelbrache über Winter	16 %	1,1 %
geringe Kulturdichte in Getreide	30 %	21,7 %
kleinflächige Maßnahmen zum Ackerwildkrautschutz	10 %	0,1 %
ungemähte Streifen im Klee gras	18 %	0,4 %
Grünland (ca. 21.000 ha)		
mäßig intensiv bewirtschaftetes Grünland	100 %	92,1 %
zeitliche Einschränkung von Schleppen/Walzen	86 %	51,4 %
Reduktion/Verzicht auf Düngung	92 %	68,6 %
8-10 Wochen Ruhephase in der Brutzeit	66 %	18,5 %
Mosaiknutzung	16 %	7,6 %
zeitweise ungenutzte Teilflächen	58 %	1,6 %
Landschaftsstrukturen*		
Hecken und andere Gehölze	100 %	-
Gewässerrandstreifen für Amphibien	10 %	-
reduzierte Pflege von Grabenrändern	70 %	-

* ohne Flächenangabe

Mit dem Naturschutz-Zertifikat erhalten die Betriebe eine zusätzliche Qualifikation für besondere Naturschutzleistungen, die sie für die Vermarktung nutzen können. Auf den Produkten befindet sich ein ‚tracking code‘, mit dem der Kunde auf die Projekthomepage geführt wird, auf der die Betriebe mit ihren Naturschutzleistungen vorgestellt werden. Der Verbraucher kann somit gezielt durch den Kauf der Produkte einen Beitrag zur Verbesserung der Artenvielfalt leisten. Wesentlich ist, dass die Landwirte eine naturschutzfachliche Beratung erhalten.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Die ökologische Landwirtschaft leistet per se einen hohen Beitrag zur Verbesserung der Artenvielfalt. Der Thünen-Report verdeutlicht außerdem, dass positive Wirkungen für weitere Bereiche des Umwelt- und Ressourcenschutzes eindeutig belegt werden können (Sanders & Heß 2019). Diese Vorteilswirkungen lassen sich vor allem durch den im ökologischen Landbau verfolgten Systemansatz erklären. Der Verzicht auf chemisch-synthetische Pflanzenschutz- und mineralische Stickstoffdüngemittel sowie die Limitierung von Tierbesatz und Futterzukauf im Rahmen der EU-Rechtsvorschriften erfordern eine gezielte Verknüpfung einzelner landwirtschaftlicher

Systemkomponenten und Produktionsverfahren sowie die Ausnutzung von synergistischen Wirkungen. Der Anbau von Leguminosen zur Stickstofffixierung, vorbeugende Maßnahmen zur Gesunderhaltung der Bestände (u.a. durch vielfältige Fruchtfolgen) sowie eine möglichst hohe Grundfuttererzeugung mit guten Qualitäten sind essentiell und implizieren die Notwendigkeit für eine stärkere Berücksichtigung von Systemgrenzen. Dadurch ergibt sich aber auch eine niedrigere Produktionsintensität mit der Folge, dass negative Auswirkungen auf die Umwelt vermindert werden bei gleichzeitig niedrigeren Erträgen im Vergleich zum konventionellen Landbau. Hier bedarf es einer differenzierten Abwägung, in welchem Zusammenhang und in welcher Weise der Ressourcennutzung oder dem Ressourcenverbrauch eine höhere Priorität beigemessen werden sollte (Sanders & Heß 2019). Forschungsbedarf besteht u.a. darin, die Auswirkungen unterschiedlicher Ertragsniveaus auf Flora und Fauna zu ermitteln, um Potenziale für Ertragssteigerungen im Einklang mit Biodiversitätszielen effektiv zu nutzen.

Wenn gesellschaftlich Konsens besteht, dass ökologische Leistungen deutlich stärker zählen müssen als bisher, können verschiedene Wege zur Verbesserung der Artenvielfalt in agrarisch genutzten Landschaften beitragen: a) stärkere Honorierung ökologischer Leistungen (u.a. deutliche Stärkung der 2. Säule), b) Verbesserung und Harmonisierung der Angebote an effektiven Agrarumweltprogrammen in den Bundesländern, c) stärkere Ausweitung der ökologischen Landwirtschaft, d) Abbau der hohen bürokratischen Hemmnisse und Sanktionsrisiken zur Verbesserung der Akzeptanz von Naturschutzmaßnahmen, e) dauerhafte Förderung von Naturschutzberatungsangeboten in allen Bundesländern, f) zusätzliche finanzielle Honorierung besonderer Naturschutzleistungen durch Verbraucher durch mehr Transparenz über neue marktorientierte Instrumente, g) Förderung wissenschaftlicher Begleituntersuchungen zur Verbesserung von Naturschutzleistungen mit der Praxis.

Literatur

- IPBES 2019. Das ‚Globale Assessment‘ des Weltbiodiversitätsrates IPBES. Auszüge auch dem ‚Summary for policymakers‘, www.ipbes.net/ipbes7, 11 S.
- Gottwald, F., & Stein-Bachinger, K. 2016. Landwirtschaft für Artenvielfalt - Ein Naturschutzmodul für ökologisch bewirtschaftete Betriebe. 208 S. www.landwirtschaft-artenvielfalt.de.
- Gottwald, F., Matthews, A., Matthews, A., Stein-Bachinger, K. 2017a. Enhancing the breeding success of whinchats - first results with small-scale measures on organic farms in north-eastern Germany. WhinCHAT 1, <https://braunkehlchen.jimdo.com>, 42-52.
- Gottwald F, Peil, J., Stein-Bachinger, K., Flade, M. & Meyer, S. 2017b. Wege im Ackerwildkrautschutz: Schutzäcker, Schonstreifen und ökologische Landwirtschaft – Erfahrungen und Perspektiven in Nordostdeutschland. Naturschutz und Biologische Vielfalt, 164, 233-253.
- Gottwald, F. & Stein-Bachinger, K. (2018). ‚Farming for Biodiversity‘ – a new model for integrating nature conservation achievement on organic farms in north-eastern Germany. *Organic Agriculture*, 8, 70-86.
- Hole, D. G., Perkins, A. J., Wilson, J. D., Alexander, I. H., Grice, P. V. & Evans, A. D. 2005. Does organic farming benefit biodiversity? *Biological Conservation*, 122, 113-130.
- Sanders, J & Heß, J. (Hrsg.) (2019): Leistungen des ökologischen Landbaus für Umwelt und Gesellschaft. Thünen Report 65, 362 S. DOI:10.3220/REP1547040572000
- Schmidt-Traub, G, Obersteiner, M. & Mosnier, A. (2019). Fix the broken food system in three steps. *Nature* 569, 181-183.
- Stein-Bachinger, K., Haub, A. & Gottwald, F. (2019). Biodiversität. In Sanders, J. & Heß, J. (Hrsg.), s. o., Thünen Report 65, 129-163.
- Tuck, S. L., Winquist, C., Mota, F., Ahnström, J., Turnbull, L. A. & Bengtsson, J. 2014. Land-use intensity and the effects of organic farming on biodiversity: a hierarchical meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 1-10.

Digital Farming – the role of spatial data in crop protection

Holger Hoffmann

BASF Digital Farming GmbH, Köln, E-Mail: holger.hoffmann@xarvio.com

Intro

Digital solutions are driving changes in crop management already today. Early adopters of new technologies in the farming business show which technologies may be key for near-to-mid-term agriculture. Such new technologies are often based on existing technologies of well-known principles used differently by applying computer-intensive algorithms, e.g. large data analysis, sensor fusion, machine learning. These technologies are then frequently built and brought to the larger public by small start-ups. And while the landscape of digital companies is increasing, one common property is the need for data. Data is needed to train algorithms to identify diseases, insects, weeds, crop health status and many more, e.g. via image recognition or dynamic models.

Decision support

On the other hand, farmers need data to make decisions. For instance, herbicides are applied based on the information about weed spectrum, weed emergence and weed and crop growth stage, soil, weather, time to next crop management action, next crop, etc. Providing environmental data directly to farmers thus may support decisions. More detailed data or higher quality data therefore enables better decisions. Similarly, providing model output directly to farmers may fall into this category. For instance, crop growth stage models largely support the timing of several management activities. Nevertheless, decision support also requires that farmers are able to make the right decisions based on the provided information.

Decision making

At the next level, models and algorithms are used for decision making. Typically, decision making systems use the previously mentioned data layers and models to trigger proper decisions in crop management. For instance, such models recommend optimal fungicide timing (when?), calculate tank mixes (what? how much?) or provide so-called variable rate or patch maps (where?). For better adoption and performance, decision making systems usually i) implement farming decision rules, supported by ii) automating data inputs and iii) implementing feedback-loops for continuous improvement.

Spatial scales

The spatial scale of the observed or modelled phenomena differs. For instance, the impact of spatial data resolution and aggregation in dynamic simulations is well-known (Hoffmann et al. 2016). Therefore, data usage and digital solutions differ across scales (point, sub-field zones, field, farm, region):

- Spatially scarce point data, e.g. from scouting, may be gathered to interpret crop health, weed population. Depending on the sample size and observed variable, interpolation across the field can be feasible, e.g. for soil maps ($N_{\min}$).
- Continuous sub-field zone delineation may be based on absolute or relative proximal or satellite-based remote sensing signals (e.g. NDVI from satellite). Typical digital products are variable rate application (VRA) maps, multi-year biomass zones (powerzones), ON-OFF maps, yield maps.

- At the field level, variables such as weather are observed. As a consequence, numerous models relying on weather data are representative of the field and applied at the field scale.
- At larger scales (farm, region) variables are usually not observed but are aggregations of smaller scales.

Finally, these data sources are usually linked and/or overlaid for digital products. For instance, scouting can be carried out stratified across specific zones in the field. Also, VRA-maps can be designed to contain trial plots within the zones in order to test or confirm the effect of a select treatments. For instance, a management map containing three field zones of treatments low, medium and high could contain plots of treatments medium, low + high, medium respectively in order to show what the next lower or higher treatment would have caused.

Examples of digital solutions

Example 1. Scouting App.

- Decision support via image recognition of weed species
- point data, collected in scouting trips
- data collection

Example 2. FieldManager.

- Decision making by concrete recommendations of what to do, including strategy (when, what, how much,...).
- field and sub-field data
- data fusion

Data collection, fusion and assimilation

With increasing need for data and data accuracy, data collection and assimilation are essential for digital farming. Data collection usually goes along 1) sensors and 2) user feedback-loops. For instance, local weather stations may increase weather data accuracy for decision support, but also improve modelled data. Similarly, sensor fusion supports the estimation of the desired explanatory variable (e.g. deduct soil variable C from combining measurements of variables A and B). On the other hand, data assimilation feeds observed data into running models in order to improve model status and parametrization. For instance, continuous remote sensing readings during a crop cycle improve crop models simulating crop biomass (Tewes 2016). An additional advantage of assimilating data into models is the possibility to imprint the spatial variability onto the modelled status. For instance, A weather based model at field level may be down-scaled by using Sentinel-2 10 m resolution NDVI.

Outlook

All of the previously mentioned systems aim at making farmers life easier. The mechanisms behind this aim are 1) facilitate the right information in the right context and 2) automate decisions. This process will be driven through the availability and costs of high-resolution and high-quality data on the one hand. On the other hand, as new data layers become available, data linking, assimilation and feedback then drives the creation of numerous new solutions. These digital tools alone or in combination with advanced hardware then lead to more resource-efficient and sustainable crop production by applying products more efficiently (strategy, timing, dosing, according to management zones, only where the weed is, etc.) and/or with improved strategy (e.g. rotating mode of actions).

Literature

- Hoffmann H, Zhao G, Asseng S, Bindi M, Biernath C, Constantin J, Coucheney E, Dechow R, Doro L, Eckersten H, Gaiser T, Grosz B, Heinlein F, Kassie BT, Kersebaum K-C, Klein C, Kuhnert M, Lewan E, Moriondo M, Nendel C, Priesack E, Raynal H, Roggero PP, Rötter RP, Siebert S, Specka X, Tao F, Teixeira E, Trombi G, Wallach D, Weihermüller L, Yeluripati J, Ewert F. 2016. Impact of spatial soil and climate input data aggregation on regional yield simulations. PLoS ONE 11(4): e0151782. doi:10.1371/journal.pone.0151782.
- Tewes A, Hoffmann H, Krauss G, Schäfer F, Kerkhoff C, Gaiser T. 2019. Assimilation of Leaf Area Measurements Into a Crop Model to Improve Sub-Field Wheat Biomass Estimations. Agricultural and Forest Meteorology (submitted).

Effects of crop rotation systems on the production risk of winter barley depending on different N fertilisation: A risk assessment approach based on a long-term crop rotation trial

Janna Macholdt¹, Hans-Peter Piepho² and Bernd Honermeier¹

¹Professorship of Agronomy/Institute of Agronomy and Plant Breeding I/Justus-Liebig University Giessen, Giessen; ²Biostatistics Unit/Institute of Crop Science/University Hohenheim, Stuttgart; E-Mail: janna.c.macholdt@agr.uni-giessen.de

Introduction

Evaluating and designing cropping systems with a low production risk is of growing importance to ensure sustainable cereal production, especially with regard to climate change. The risk can be defined as the certainty with which agronomists can predict the yield amount of their cropping system. For this reason, the analysis is based on the probability that the yield of a cropping system falls below a certain level (Eskridge, 1990). To calculate this risk, the absolute yield performance and the annual variability of performance that depend on agronomical treatments must be considered. Therefore, the risk approach is based on a combined analysis of the mean and stability of crop yields, which can be a useful supplement to a more traditional stability analysis that is only focused on variance and might be even more important than the concern regarding the average yield performance alone. A reliable evaluation of the different agronomic treatments and environments with regard to their effects on the risk of cropping systems can be made validly based on long-term experiments (LTEs). Here, the effects of unchanged agronomic treatments have to be observed over a long-term period with a random set of environments, which is required for a representative analysis. With our study, we take advantage of a long-term crop rotation experiment, which allowed us to derive further insights into the impact of agronomic treatments, specifically crop rotation systems and mineral N fertilization, on the production risk of winter barley cropping systems.

Materials and Methods

The LTE was conducted at the experimental station of the Justus Liebig University Giessen ('Crop rotation trial JLU') in Rauischholzhausen (8.88 °E; 56.76 °N; 225 m a.s.l.). The soil was a Luvisol with a silty clay texture and 1.5% SOC in the soil depth 0-30 cm (pH 6.9; 'Ackerzahl' 66). The temperate climate showed a long-term average (1993-2018) of 8.1°C annual air temperature and 650 mm annual precipitation. The LTE was implemented as a strip-plot design with a threefold replication and limited randomization. The rows within the replicates included the N fertilization regimes with three different treatments (N0 = without N; N1 = 70 kg N/ha; N2 = 140 kg N/ha). The six CRSs, of which some involve the application of green manure and straw (Table 1), were randomized in columns within the replicates as four-course rotations. Each crop of a rotation was grown every year. Our study covers the period from 1993 to 2018 with a constant set up. For the risk analysis, a mixed model using the residual maximum likelihood (REML) method for the required parameter estimates (means; variances) according to Eskridge's risk assessment approach (Eskridge, 1990) was used. The model was fitted across years so that the serial correlation of observations on the same main plot and subplot, as well as the use of different cultivars could be accounted for. As estimations of production risk, the probabilities $p(i)$ that the barley

yields of a given cropping system (CRSs*N combination) are falling below a specified yield level (threshold δ) in a randomly chosen year were calculated.

Table 1. Crop rotation systems and cropping sequences of the long-term crop rotation trial JLU, field station Rauischholzhausen.

CRS	Cropping sequence			
	1 st year	2 nd year	3 rd year	4 th year
1	Winter rye	Winter wheat	Winter barley	Spring oat
2	Winter rye ^{+S+G}	Winter wheat	Winter barley ^{+S+G}	Spring oat
3	Oilseed rape ^{+S}	Winter wheat	Winter barley ^{+S+G}	Spring oat
4	Sugar beet ^{+G}	Winter wheat	Winter barley ^{+S+G}	Spring oat ^{+S+G}
5	Field bean ^{+S}	Winter wheat	Winter barley ^{+S+G}	Spring oat ^{+S+G}
6	Field bean ^{+S}	Winter wheat	Winter barley ^{+S+G}	Silage maize

Notes: CRS = Crop rotation system; S = straw manure (5 t ha⁻¹); G = green manure (CRS 2-4: Oilseed rape; CRS 5-6: Pea).

Results and Discussion

The obtained results (Table 2) have shown that in cereal-dominated CRSs, the production risk of winter barley was on a higher level than in diverse cropping sequences. We also demonstrated the positive effects of legumes as pre-preceding crop, of straw and green manure to reduce the production risk of winter barley. The observed CRSs could be ranked in the following order (low to high risk): CRS 4-6 (diverse CRS, with sugar beet or field bean) < CRS 3 (diverse CRS, with rape) < CRS 2 (cereal rotation, with straw + green manure) < CRS 1 (cereal rotation). Referring to the N fertilization systems, our results show that the high level of N fertilization (N 2) induced the lowest production risk. This classification has been identified across all CRSs. In comparison, the production risk was higher under moderate N supply (N 1) due to the lower average yield level, although the yield stability was better. Overall, the diversification of crop rotations, combined with an appropriate N supply and organic input, reduced the production risk of barley.

Table 2. Production risk of winter barley depending on the crop rotation systems and the N fertilization treatment (Crop rotation trial JLU, 1993-2018).

CRS	Production risk: Probability of winter barley yield falling below the level of 5 t ha ⁻¹ [%]		
	N 0 (without N)	N 1 (70 kg N ha ⁻¹)	N 2 (140 kg N ha ⁻¹)
1	100	88	40
2	99	53	27
3	99	50	18
4	99	27	12
5	99	30	13
6	99	29	8

Notes: CRS = Crop rotation system; average grain yield of winter barley over all CRS*N = 5 t ha⁻¹.

For further research, and for comparability of future results, the application of the used mixed model approaches with REML-based parameter estimations were found to be recommendable for risk analyses based on LTEs (Macholdt, Piepho & Honermeier, 2019) and could provide a useful option for researchers and advisors to simultaneously evaluate the yield performance and stability of single crops or entire cropping systems.

References

- Eskridge, K.M., 1990. Selection of stable cultivars using a safety first rule. *Crop Sci.* 30, 369–374.
- Macholdt, J., Piepho, H.-P., Honermeier, B., 2019. Does fertilization impact the production risk and yield stability across an entire crop rotation? Insights from a long-term experiment. *Field Crops Res.* 238, 82–92.

NPK-fertilizer in grassland

Jens Hartung, Ulich Thumm and Hans-Peter Piepho

Institute for Crop Science/ University of Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: jens.hartung@uni-hohenheim.de

Introduction

Fertilizer including the three macronutrients nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) (NPK-fertilizer) are commonly used in grassland. In 1966, the long-term effect of NPK-fertilizer and its components on yield and the composition of species in grassland was unknown. The hypothesis was whether and when a deficit in one or more fertilizer components will result in new steady states.

Material und Methods

A field trial with eight different fertilizer strategies was started. All possible combinations of including or not including each of the three nutrients were used as a strategy. Strategies were randomized as latin rectangle on a field with good water assessment and a soil quality number (Ackerwertzahl) of 55 to 60. Two to three cuts were done per year. Data from 47 years were available for trend analysis using linear mixed and generalized linear mixed model approaches to fit linear and non-linear trends over time. Within the models, the assumptions about error variances were varied and homogeneous or year-specific error variances with and without first order autocorrelation were fitted. The AIC (Wolfinger, 1993) was used to select the best fitting model.

Results and Discussion

Results showed a decreasing cutting frequency over time. Soil nutrient concentrations get lower in strategies with corresponding fertilizer component deficit. The analysis of total yearly yield showed a strategy-dependent linear trend over time. For strategies NPK and NK, the increase was positive, for all other mal-nutrition strategies the trend was negative (Table 1). The non-decreasing trend in NK may be caused by the still satisfying P availability and P delivery from the experimental field.

Table 1: Estimated regressions and estimated differences of slopes compared to NPK strategy; N = nitrogen, P = phosphorus, K = potassium.

Fertilizer strategy	Estimated regression	Difference to NPK trend	Significance
-	50.87 - 0.25·year	-0.40	Yes
N	64.21 - 0.23·year	-0.38	Yes
P	45.35 - 0.26·year	-0.41	Yes
K	63.84 - 0.35·year	-0.50	Yes
NP	64.94 - 0.25·year	-0.41	Yes
NK	70.50 + 0.16·year	+0.01	No
KP	58.23 - 0.17·year	-0.32	Yes
NPK	71.12 + 0.15·year	-	-

Results showed that trend analysis in a long-term experiment with a perennial crop and therefore with the option of changing plant communities were difficult.

Literatur

Wolfinger R. 1993. Covariance structure selection in general mixed models. Communications in Statistics - Simulation and Computation 22:1079-1106.

Vergleichende Untersuchungen zur Diversität epigäischer Arthropoden in mehrjährigen Energiepflanzenkulturen (*Sida hermaphrodita*, *Silphium perfoliatum*, *Agropyron elongatum*) mit Mais (*Zea mays*)

Franziska Heine, Sebastian Wolfrum, Johannes Burmeister und Roswitha Walter

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz/Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. E-Mail: sebastian.wolfrum@lfl.bayern.de

Einleitung

Das Bewusstsein für Umwelt- und Naturschutz steigt. Die Entwicklung um das Insektensterben macht dies eindringlich klar. Es kann aber nicht nur die momentane Situation betrachtet werden, denn auch für die Zukunft muss die Grundlage für eine nachhaltige Lebensmittel- und Energieproduktion gesichert werden. Alternative Energiepflanzen bieten hier große Chancen, sind aber auch nicht unumstritten in ihrer Wirkung auf die Umwelt. Daher ist es erforderlich auch Aspekte wie die Bodenfauna in die Bewertung von Dauerkulturen zur Energiegewinnung einzubeziehen.

Über die Saugmethode und anschließendes Auszählen und Bestimmen ist es möglich Aussagen über die Bodenfauna zu treffen. Dieses Forschungsprojekt diente dazu, Informationen über das Vorkommen und die Verteilung epigäischer Arthropoden in den vier Kulturen Mais, Riesenweizengras (RWG), Sida und Silphie am bayerischen Standort Wolferkofen zu gewinnen, um damit den Einfluss mehrjähriger Energiepflanzen auf diese Tiergruppen zu bewerten.

Material und Methoden

Für den Vergleich der Bodenfauna (epigäische Arthropoden) in den getesteten Kulturen wurde der Versuchsstandort Wolferkofen im Landkreis Straubing-Bogen, 322 m über normal Null, betrachtet. Dabei handelt es sich um ein flaches und intensiv-landwirtschaftlich geprägtes Gebiet in Bayern, dem sogenannten „Gäuboden“, der mit einer Ackerzahl von 76 zu den Hohertragslagen gehört. Der Standort ist geprägt durch sehr fruchtbare, lehmige Böden, die eine hohe Wasserspeicherfähigkeit aufweisen (Hartmann et al. 2017). Der Versuch wurde im Jahr 2014 vom TFZ Straubing etabliert. Das Versuchsdesign besteht aus vier Wiederholungen der Kulturen Mais (*Zea mays*), Riesenweizengras (*Agropyron elongatum*), Sida (*Sida hermaphrodita*) und Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*).

Für diese Arbeit wurde die Bodenfauna (epigäische Arthropoden) mit Hilfe von Laubsaugern (Stihl SH 86-D) Mitte September 2017 aufgesaugt. Die Geräte wurden modifiziert, indem ein Beutel (Maschenweite <0,5 mm) mithilfe von Klebeband in die Ansaugdüse eingefügt wurde, um die Arthropoden abzufangen (Dennis et al. 2012). Der Saugvorgang erfolgte bei jeder der vier Wiederholungen zweimal. Zum einen auf der Pflanze und zum anderen neben der Pflanze. Für die Entnahme einer Probe wurde der Laubsauger 20mal für je 5 s auf die Parzelle aufgesetzt. Dabei wurde immer ein Meter Abstand zwischen den einzelnen Aufsetzpunkten eingehalten, um eine aussagekräftige Stichprobe für jede Parzelle zu bekommen. Insgesamt wurden 32 Proben genommen und nach der Probennahme umgehend eingefroren.

Zur genaueren Untersuchung wurden die Proben im Labor aufgetaut, gesiebt und anschließend aussortiert. Die Proben wurden schließlich unter dem Mikroskop ausgezählt und die gefundenen Individuen in taxonomische Gruppen eingeordnet.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden 8464 Individuen gefunden. Der größte Anteil hatten die Springschwänze mit 3985 Individuen, gefolgt von den Milben mit 952 Individuen. Tab. 1 zeigt die Verteilung der Individuen auf die Kulturarten. Das Riesenweizengras erreichte auch bei der Diversität (Anzahl taxonomischer Gruppen) den höchsten Wert ($12,25 \pm 1,98$). Die Silphie lag mit einem Wert von $10,12 \pm 1,55$ knapp dahinter. Sowohl Mais als auch die Sida lagen mit Werten von $8,75 \pm 3,37$ und $8,50 \pm 1,69$ nahezu gleichauf.

Tab.1: Anzahl der Individuen in den einzelnen Kulturarten (Position: A= Auf der Pflanze/Reihe; N= Neben der Pflanze/Reihe)

Kultur	Position	N	Summe	Mittelwert $\pm$ SD
Mais	A	4	656	164 ± 49
	N	4	56	14 ± 10
RWG	A	4	4364	1091 ± 420
	N	4	977	244 ± 66
Sida	A	4	814	204 ± 48
	N	4	184	46 ± 14
Silphie	A	4	1143	286 ± 44
	N	4	270	68 ± 29
Gesamt		32	8464	265 ± 357

Es wurde deutlich, dass das Riesenweizengras sowohl bei der Anzahl an Individuen als auch bei der Diversität an erster Stelle der vier Kulturarten steht. Grund dafür ist vor allem der zum Entnahmezeitpunkt vorhandene Aufwuchs. Auffallend ist zudem, wie sich die Ergebnisse zwischen den Probenahmen auf und neben der Pflanze unterscheiden. Auf der Pflanze wurden bei allen vier Kulturarten mehr Individuen gefunden. Ein Grund dafür ist, dass die Pflanzen und Stängel von den Tieren als Lebens- und Rückzugsraum oder als Nahrungsquelle genutzt werden können und somit attraktiver sind.

Abschließend lässt sich feststellen, dass Unterschiede zwischen den Kulturarten vorhanden sind. Um diese aber noch besser absichern zu können, ist es sinnvoll, mehr Entnahmen an unterschiedlichen Standorten und zu unterschiedlichen Vegetationsstadien durchzuführen.

Literatur

Dennis, P.; Bogers, M.M.B.; Bunce, R.G.H.; Herzog, F.; Jeanneret, P. (2012): Biodiversity in organic and low-input farming systems-Handbook for recording key indicators, Alterra Report 2308, Wageningen. <http://www.biobio-indicator.org/deliverables/D22.pdf>

Hartmann, A.; Fritz, M.; Burmeister, J.; Walter, R. (2017): Dauerkulturen-Aufzeigen der bayernweiten Anbaueignung, Endbericht der Versuchsjahre 2014 bis 2016, TFZ, LfL, Straubing, Freising.

Einfluss der Saatkichte von Stangen- bzw. Feuerbohne auf den Ertrag und die Bestandeszusammensetzung im Gemengeanbau mit Silomais

J. Fischer¹, K. Aulrich¹, F. Höppner² und H. Böhm¹

¹Thünen-Institut/Institut für Ökologischen Landbau, Westerau; ²Julius-Kühn-Institut/Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig. E-Mail: jenny.fischer@thuenen.de

Einleitung

Wie bisherige Untersuchungen (Fischer und Böhm 2013) am Thünen-Institut für Ökologischen Landbau (Schleswig-Holstein, sL, 740 mm, 8,7°C) gezeigt haben, ist es möglich den Mais-Bohnen-Gemengeanbau unter maritimen Klimabedingungen zu etablieren. Dabei wird die Zusammensetzung der Bestände jedoch stark durch die Sortenwahl sowie jahreszeitliche Effekte beeinflusst. In einem dreijährigen Feldversuch geprüft, inwieweit der Mais-Bohnen-Gemengeanbau hinsichtlich des Ertrages, der Bestandeszusammensetzung und der Rohproteingehalte durch variierte Saatkichten der Bohnen optimiert werden kann. Ziel ist es, möglichst hohe Rohproteingehalte in der Mais-Bohnensilage zu erzielen. Hierzu sind möglichst hohe Bohnenanteile im Gemenge erforderlich. Darüber hinaus sollte der Gesamtertrag der Gemengevarianten mit dem von Mais in normaler Saatstärke vergleichbar sein, um in der Praxis bestehen zu können.

Material und Methoden

Der Parzellenversuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage in vierfacher Wiederholung in den Jahren 2015, 2016 und 2018 angelegt. Geprüft wurde eine Stangenbohne (*Phaseolus vulgaris*, cv. Tarbais) und eine Feuerbohne (*P. coccineus*, cv. Preisgewinner) in drei unterschiedlichen Saatkichten von 6, 9 und 12 Körnern (Kö) m⁻². Die Aussaat der Bohnen wurde nach Abschluss der Pflegemaßnahmen zum 3-4-Blattstadium (EC13-14) vom Mais durchgeführt. Dabei wurden die Bohnen in alternierenden Reihen mit einem Abstand von ca. 15 cm zum Mais abgelegt. Zur Minimierung der interspezifischen Konkurrenz wurde die Saatkichte vom Mais von 11 Kö m⁻² in der Kontrolle auf 8 Kö m⁻² im Gemenge reduziert. Aufgrund der schweren Böden und der kurzen Vegetationsperiode am Standort wurde eine frühe Silomaisorte (cv. Saludo, S210) eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Gesamt-Trockenmasseertrag (Abb.1) zeigte im Mittel der Jahre keine signifikanten Unterschiede zwischen den geprüften Varianten. Somit konnten beide Bohnen-Gemenge in allen drei Saatkichten einen mit der Maiskontrolle in normaler Saatkichte (M11) vergleichbaren Ertrag von ca. 160 dt TM ha⁻¹ erzielen. Die Trockenheit im Jahr 2018 führte hingegen zu einer signifikanten Ertragsminderung um 28 bzw. 22 dt TM ha⁻¹ gegenüber den Jahren 2015 und 2016.

Im Gegensatz zum Gesamtertrag wurde der reine Maisertrag signifikant durch die Variante sowie die Jahre beeinflusst. Hier kam es in den Stangenbohnen-Gemengen mit den beiden höheren Saatkichten von 9 und 12 Kö m⁻² zu einer signifikanten Reduktion des Maisertrages in Höhe von 19 bzw. 34 dt TM ha⁻¹ gegenüber der Maiskontrolle (M11).

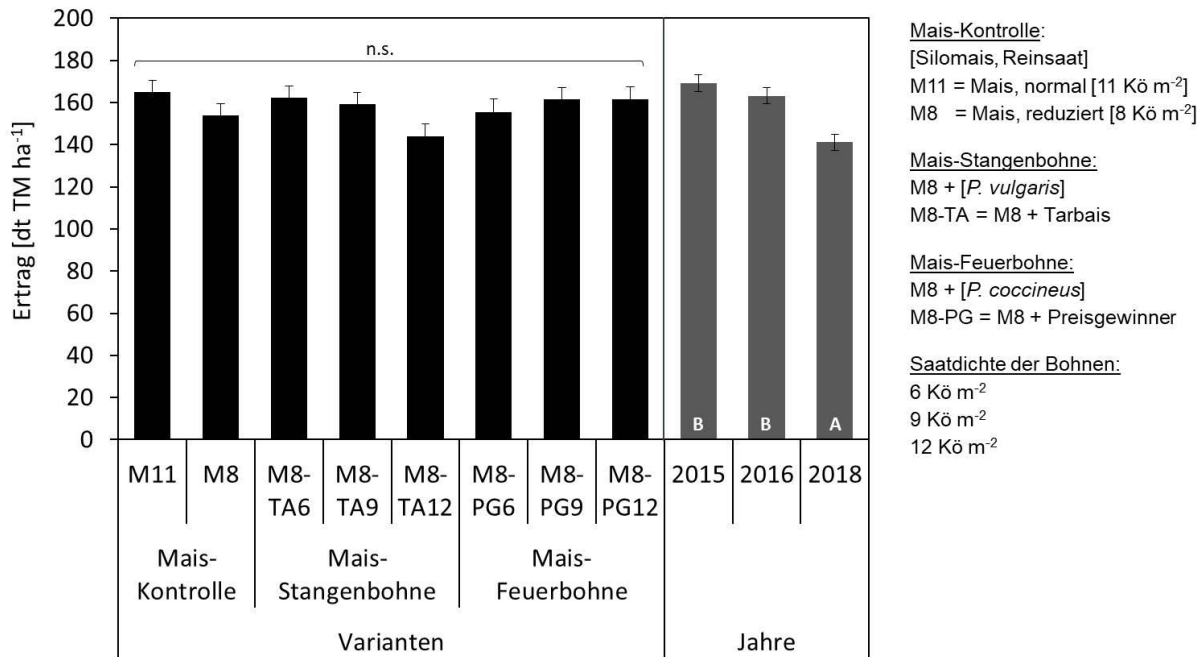


Abb. 1: Gesamt-Trockenmasseertrag [dt ha⁻¹] in Abhängigkeit der geprüften Varianten bzw. der Versuchsjahre. Die dargestellten Werte repräsentieren die LSMeans $\pm$ SE (SAS 9.4, Proc Mixed, Tukey-Cramer ($p < 0,05$)). LSMeans ohne gemeinsamen Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Jahren. n.s. = nicht signifikant.

Die Stangenbohne erzielte im Durchschnitt der Jahre und der unterschiedlichen Saatkulturen mit 12 dt TM ha⁻¹ einen signifikant höheren Bohnenertrag als die Feuerbohne (8 dt TM ha⁻¹). Die Erhöhung der Saatkulturen von 6 auf 9 Kö m⁻² führte zu einem signifikant höheren Bohnenertrag, während die Erhöhung auf 12 Kö m⁻² keinen weiteren Vorteil brachte. Die höchsten Bohnenanteile von 10,5% wurden im Jahr 2015 erzielt, während im Folgejahr nur 6,2% erzielt werden konnten. Infolge der extremen Trockenheit im Jahr 2018 wurden hier die geringsten Bohnenanteile von nur 2,6% erzielt. Mit einem mittleren Ertragsanteil von 8% hat die Stangenbohne die Feuerbohne (5%) signifikant übertroffen.

Infolgedessen führte der Gemengeanbau mit der Stangenbohne zu einer relativen Erhöhung des Rohproteingehaltes um 10% (+0,6% XP, 6 Kö) bzw. 11-12% (+0,7% XP, 9 und 12 Kö) gegenüber der Maiskontrolle. Die höchsten Gehalte von durchschnittlich 8,5% XP wurden dabei im Jahr 2015 realisiert.

Der Feldversuch hat gezeigt, dass die Erhöhung der Saatkulturen von 6 auf 9 Kö m⁻² zu höheren Bohnenanteilen im Gemengeanbau führt. Die vergleichbaren Erträge der Gemenge mit der Maiskontrolle zeigen, dass die Bohnen zudem in der Lage sind den reduzierten Maisertrag auszugleichen. Aufgrund der höheren Bohnenerträge und XP-Gehalte ist die geprüfte Stangenbohne im Vergleich zur Feuerbohnenart besser für den Gemengeanbau geeignet.

Literatur

Fischer J, Böhm H (2013) Ertrag und Futterwert von Mais-Bohnen Gemengen als Ganzpflanzensilage in der Milchviehfütterung. In: Neuhoﬀ et al. (eds) Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Berlin: Köster, pp 470-471.

Das BonaRes Daten-Portal: Überblick über Dauerfeldversuche und Bereitstellung von Forschungsdaten

M. Grosse und W. Hierold

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg; E-Mail: meike.grosse@zalf.de

Einleitung

Im BonaRes-Zentrum als Teil des vom BMBF geförderten BonaRes-Projektverbundes liegt ein Schwerpunkt auf der Bereitstellung von Daten aus Dauerfeldversuchen (DFV). Als DFV zählen im Rahmen von BonaRes Versuche mit mindestens 20 Jahren Laufzeit, einem statischen Design und Bezug zur Bioökonomie, also Forschung im Bereich von nachhaltiger Bodennutzung und Ertrag. Das Interesse gilt abgeschlossenen wie laufenden Versuchen. Für eine bessere Auffindbarkeit und Nachnutzbarkeit der Daten dieser Versuche wurde das BonaRes Daten-Portal eingerichtet. Das Ziel ist es, einen einfacheren Zugang sowohl zu Informationen über DFV als auch zu Forschungsdaten und deren Metadaten zu bieten. Daten, die in BonaRes-Forschungsprojekten neu erhoben werden, werden ebenfalls über das BonaRes Daten-Portal veröffentlicht.

Material und Methoden

Quellen der umfangreichen Recherche zu DFV waren sowohl wissenschaftliche Veröffentlichungen als auch Versuchsführer und Webseiten. Ergänzt wurden die Informationen durch persönliche Kommunikation mit den Versuchsbetreibern. Zusätzlich wurde ein Steckbrief verschickt, um Details zu den DFV zu erfahren. Eine aktualisierte Version des Steckbrief-Formulars wurde mit dem Ziel einer standardisierten und umfassenden Abfrage von Versuchsinformationen veröffentlicht (Grosse et al. 2019).

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Recherche zu DFV wurden in einer Online-Übersichtskarte zusammengeführt (BonaRes-Datenzentrum 2017). Stand der Recherche ist der 20.06.2019. Die Karte bietet Informationen zu 205 DFV in Deutschland sowie zu einzelnen Versuchen in Nachbarländern und ist in deutscher und englischer Sprache verfügbar. Es können sowohl Detailinformationen zu den einzelnen Versuchen als auch Übersichtsinformationen zur Gesamtheit der DFV, z.B. hinsichtlich der Forschungsthemen, angezeigt werden. Daher bietet die Karte wertvolle Informationen für potentielle Nutzer zur Orientierung und für die Anbahnung von Kooperationen.

Der Dauerfeldversuch V140 des ZALF, der 1963 eingerichtet wurde, ist der erste DFV in Deutschland, dessen Daten zur freien Nachnutzung veröffentlicht wurden (Barkusky 2018). Die Daten können im BonaRes Daten-Portal heruntergeladen werden. Auch die Daten des Dauerdüngungsversuchs Dikopshof (Laufzeit 1904 – 2009) der Universität Bonn sind dort veröffentlicht worden (Seidel et al. 2018). Weitere DFV, deren Veröffentlichung kurz bevor steht, sind der Langzeit-Düngungsversuch (Laufzeit 1980 – 2009) des Forschungsring e.V., Darmstadt, die Versuche „Hohes Feld“ (Laufzeit 1965 – heute) und „Garte Süd“ (1970 – heute) der Universität Göttingen, der Versuch „Phosphordüngungsstrategien“ (Laufzeit 1998 – heute) der Universität Rostock und der Dauerdüngungsversuch IOSDV (Laufzeit 1984 – 2001) von YARA GmbH & Co. KG, Dülmen.

Um das Erstnutzungsrecht der Dateneigner zu gewährleisten, kann die Veröffentlichung der Daten mit einem gleitenden Embargo durchgeführt werden, d.h. die Daten der neuesten Jahre sind nicht frei verfügbar, sondern bedürfen der Rücksprache mit den Dateneignern. Genauer regelt eine Datenrichtlinie (Svoboda und Heinrich, 2017).

Schlussfolgerung

Das BonaRes Daten-Portal bietet eine bessere Auffindbarkeit für DFV und einen einfachen und freien Zugang zu DFV-Daten. Das Netzwerken und die gemeinsame Auswertung verschiedener DFV soll dadurch einfacher werden. Eine intensivierte Analyse von DFV Daten führt hoffentlich nicht nur zu einem deutlichen Fortschritt in den Boden- und Agrarwissenschaften, sondern auch zu neuen Ergebnissen für die Beratung von Entscheidungsträgern und Praktikern.

Danksagung

Dieses Projekt wird gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) im Rahmen der Förderinitiative „Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie - BonaRes“, Projekt „BonaRes (Modul B): BonaRes-Zentrum für Bodenforschung, Teilprojekt B“ (Förderkennzeichen 031A608B und 031B0511B).

Literatur

- Barkusky, D. (2018): Long-term field experiment V140 Muencheberg. Dataset. Abrufdatum 20.06.2019, <https://doi.org/10.20387/BonaRes-BSVY-R418>.
- BonaRes-Datenzentrum (2017): Onlinekarte der Dauerfeldversuche in Deutschland, Abrufdatum 20.06.2019, <https://dfv-karte.bonares.de>
- Grosse, M., Heinrich, U. und Hierold, W. (2019): Fact Sheet for the Description of Long-Term Field Experiments / Steckbrief zur Beschreibung von Dauerfeldversuchen. BonaRes Centre. Abrufdatum 20.06.2019, <https://doi.org/10.20387/BONARES-R56G-FGRW>.
- Grosse, M. und Hierold, W. (2019): Long-term Field Experiments in Germany. Dataset. Abrufdatum 20.06.2019, <https://doi.org/10.20387/bonares-3tr6-mg8r>.
- Seidel, S., Ahrends, H., Tewes, A., Gaiser, T., Hüging, H., Siebert, S., und Ewert, F. (2018). Long-Term Fertilization Trial Dikopshof. Dataset. Abrufdatum 20.06.2019, <https://doi.org/10.20387/BONARES-Y8A0-2Z3F>.
- Svoboda, N. und Heinrich, U. (2017). 'The BonaRes Data Guideline'. BonaRes Centre. Abrufdatum 20.06.2019, <http://doi.org/10.20387/BonaRes-E1AZ-ETD7>.

Ist Direktsaat von Soja im Ökologischen Landbau in Niederösterreich möglich?

G. Gollner, B. Blankenhorn, A. Surböck und Jürgen K. Friedel

Universität für Bodenkultur, Wien, Department für Nachhaltige Agrarsysteme, Institut für Ökologischen Landbau; E-Mail: juergen.friedel@boku.ac.at

Einleitung

Eine Direktsaat in Kombination mit dem Anbau von Gründüngungen erhöht den Humusgehalt in der obersten Bodenschicht, verbessert die Bodenstruktur und Nährstoffnachlieferung und verringert Bodenverdichtungen und Erosion. In trockenen Regionen bewirkt die Direktsaat oftmals höhere Erträge, weil der Boden ohne lockernde Bodenbearbeitung weniger austrocknet. Der Herbizidverzicht im Ökologischen Landbau schränkt die Etablierung von Pflanzenbeständen mittels Direktsaat stark ein. Ein neues Verfahren ist die Direktsaat von Sommerungen wie Soja oder Mais in vorhergehende Winterzwischenfrucht mit einer Messerwalze ab deren Blüte. In einem Feldversuch sollte in Niederösterreich untersucht werden, ob a) die Biomasseproduktion eines Zwischenfruchtgemenges bei knappen Niederschlägen ausreichend hoch für eine effektive Beikrautunterdrückung war, b) der durch einen späteren Termin der Zwischenfruchtterminierung höhere Wasserverbrauch geringere Bodenwassergehalte zur Folge hatte und c) der spätere Saattermin der Hauptkultur Soja zu Ertragseinbußen führte.

Material und Methoden

In dem 2-jährigen Praxisversuch am Standort Absdorf (langjähriges Mittel: 10,4 °C, 670 mm; sandiger Lehm, Tschernosem, Humusgehalt Krume 3%) wurde ein Mitte Oktober angesätes Zwischenfruchtgemenge (Winterroggen cv. Protector 60 kg/ha, Pannonische Wicke 30 kg/ha) in Var. A am 24.5.2017 bzw. 14.5.2018 mit einer Messerwalze umgewalzt und in Direktsaat Soja (cv. SY Livius, 133 kg/ha, Reihenabstand 25 cm, ohne Beikrautregulierung) eingesät. Verglichen wurde in Var. B mit einer Mitte April mit dem Grubber bearbeiteten Kontrolle (Drillsaat, Reihenabstand 50 cm, mechanische Beikrautregulierung mit Striegel und Hacke), in der Soja am 9.5.2017 bzw. 9.5.2018 angesät wurde.

Ergebnisse und Diskussion

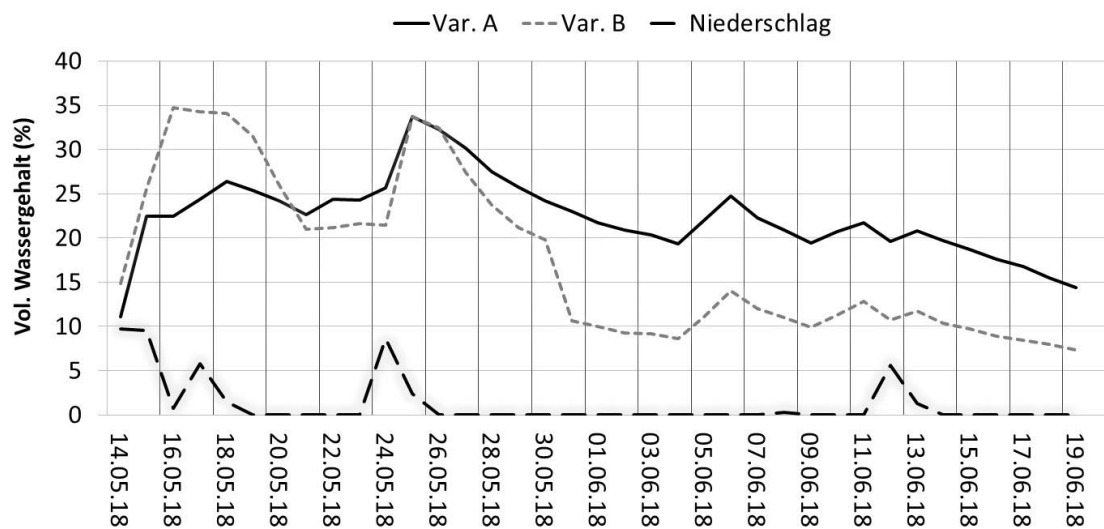
Die gesamte oberirdische Trockenmasse der Zwischenfruchtgemenge betrug 6,1 in 2017 bzw. 6,2 Mg ha⁻¹ in 2018. Der Soja-Kornertrag war 2017 in der Direktsaat Var. A mit 1,7 Mg ha⁻¹ (86 % TM) etwas (n.s.) geringer bzw. im Jahr 2018 mit 1,4 Mg ha⁻¹ signifikant geringer als in der Kontroll-Variante B (siehe Tab. 1). Auch der Kornertrag pro Pflanze und der Proteingehalt im Korn waren in Var. A signifikant geringer als in Var. B (siehe Tab. 1). Der Beikrautdeckungsgrad war 2018 bei Direktsaat mit 34 % gegenüber 14 % signifikant höher. Der Wasserbedarf von Soja ist vor allem ab der Blüte bis zur Kornausbildung sehr hoch (Juni-August), eine ausreichende und kontinuierliche Wasserverfügbarkeit ist in dieser Phase sehr wichtig. Die Witterungsbedingungen in beiden Versuchsjahren mit längeren trockenen Phasen und höheren Temperaturen waren für die erst später im Mai angebauten Sojapflanzen in der Direktsaat-Variante ungünstiger als für die schon Anfang Mai angesäten Pflanzen in der Grubber-Variante.

Tab. 1: Ertragsparameter Sojabohne 2017 und 2018

Var.	Soja-Kornertrag Mg ha ⁻¹ (86% TM)	Soja-Kornertrag pro Pflanze (g)	Soja-Protein (%)
2017			
A	1,7 a	4,3 a	36,1 a
B	2,2 a	8,9 b	39,2 b
2018			
A	1,4 a	3,8 a	33,7 a
B	2,9 b	5,3 b	35,9 b

Legende: Var. A: Direktsaat, Var. B: Grubber; Mittelwerte mit gleichem Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander (Tukey-Test $P < 0.05$)

Durch die längere Wachstumsphase der Zwischenfrucht vor Soja in der Direktsaat-Variante war der Bodenwassergehalt im gesamten Bodenprofil möglicherweise niedriger als in der Grubber-Variante. Eine Beurteilung der Feuchtigkeit im Bodenprofil und Wassergehaltsmessungen nahe der Bodenoberfläche bestätigten diese Annahme jedoch nicht. In den obersten 5 cm war nach anfänglich geringeren Bodenwassergehalten in der Direktsaat (Var. A) einige Wochen nach dem Anbau sogar ein gewisser Verdunstungsschutz durch die Mulchauflage ab Ende Mai 2018 gegeben, und die Wassergehalte waren erhöht (siehe Abb. 1).

**Abb. 1:** Volumetrischer Boden-Wassergehalt (in %) in 0-5 cm Tiefe im Frühling 2018

Obwohl der Soja-Kornertrag in der Direktsaat niedriger als in der Grubber-Variante war, konnte in der Direktsaat mit deutlich weniger Aufwand und einer günstigeren Beeinflussung der Bodeneigenschaften ein für die schwierigen Bedingungen akzeptabler Kornertrag erzielt werden. Wichtig ist die weitere Optimierung der Saattechnik in der Direktsaat, um die Ertragsdifferenz zum herkömmlichen Verfahren zu reduzieren. Um den notwendigen Bodenkontakt für das ausgebrachte Saatgut sicherzustellen, muss das Saatkorn präzise durch die Mulchdecke in die Saattrille abgelegt werden. Diesbezüglich gibt es weiterhin Handlungs- bzw. Forschungsbedarf.

Einfluss der Zusatzbewässerung auf die Strukturparameter und den Ertrag von Winterweizensorten

Jan Petersen, Lukas Wenzel, Philipp Forst und André Bugner

Herrmann Hoepke Institut/Technische Hochschule Bingen, 55411 Bingen am Rhein;
E-Mail: petersen@th-bingen.de

Einleitung

Häufiger auftretende Führjahrs- und Frühsommertrockenheitsperioden führen in manchen Regionen zu starken Ertrags- und Qualitätsschwankungen bei der wichtigen Ackerbaukultur Winterweizen. Neben ackerbaulichen Maßnahmen, die u.a. den Wasserhaushalt des Bodens beeinflussen können, wird die Sortenwahl als wichtige Anpassungsmaßnahme an Trockenperioden angesehen, da Bewässerungsmaßnahmen am jeweiligen Standort häufig technisch nicht möglich sind, oder die Bewässerung im Weizen unwirtschaftlich ist. Der Anbau von frühreifen Weizensorten hat sich in den letzten Jahren in Gebieten mit häufiger Frühsommertrockenheit etabliert. In den Sortenbeschreibungen werden diese Genotypen als trockentolerant ausgewiesen. In Feldversuchen am Standort Bingen wurden frühreife A-Winterweizensorten im Vergleich zu mittelfrühen Sorten in drei Jahren mit und ohne Zusatzbewässerung in einer randomisierten Anlageform geprüft. Ziel war es zu untersuchen, ob die frühreifen Sorten einen Ertragsvorteil in sommertrockenen Gebieten besitzen und ob dieser auf eine physiologische Trockentoleranz oder auf andere Ursachen zurückzuführen ist.

Material und Methoden

In den Jahren 2015 bis 2017 wurden fünf A-Winterweizensorten (Ambello, Apertus, JB Asano, Rubisko und Turandot) mit 320 keimfähigen Körnern je Quadratmeter in der zweiten Oktoberwoche gesät. Der Versuchsstandort war in allen drei Jahren Bingen-Büdesheim auf einem sandigen Lehm auf langjährig pfluglos bewirtschafteten Flächen. Die Vorfrucht war jeweils eine Blattfrucht. Die Versuchsanlage war eine zweifaktorielle Spaltanlage mit dem Großteilstückfaktor Bewässerung und die Kleinteilstückfaktor Sorte. Je Variante wurde 4 Wiederholungen angelegt. Die Bewässerung erfolgte mittels einer Tröpfchenbewässerung (Netafim) mit einer Intensität von 3,5 l/m². Die Bewässerung erfolgte je nach Niederschlagverhältnissen im Zeitraum Schossen bis zur Milchreife. Ziel war es Trockenstress in diesem Zeitraum in der bewässerten Variante möglichst zu vermeiden. Die Bewässerungsintensität war in den drei Versuchsjahren aufgrund der Niederschläge recht unterschiedlich und betrug 123 bis 180 l/m². Der natürliche Niederschlag lag im Zeitraum Oktober bis Juni in den drei Jahren bei 407 l/m² (15/16 - 488; 16/17 - 310; 17/18 – 423 l/m²). Die Jahresmitteltemperatur in den drei Versuchsjahren lag bei 11,4°C und die klimatische Wasserbilanz lag zwischen +55 und -195 l/m². Die Parzellengröße betrug bei der Saat 25 und bei der Ernte 12 m² (plot in plot Anlage). Der Einfluss durch Pflanzenkrankheiten und Schädlinge wurde durch den situationsbezogenen Pflanzenschutzmitteleinsatz weitgehend ausgeschlossen. Vor der Ernte wurde die Ährenzahl bestimmt (4 x 0,25 m² je Parzelle). Die Erntefolge mit einem Parzellenmähdrescher. Nach Trocknung und Reinigung wurde die TKM festgestellt. Die Anzahl der Körner pro Ähre wurde aus Ährenzahl, Ertrag und TKM errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Eine Zusatzbewässerung unter weitgehenden Ausschluss der Einwirkung von Pflanzenkrankheiten führen in allen drei Jahren am Standort Bingen zu signifikanten Mehrerträgen beim Winterweizen. Dieser Mehrertrag betrug mindestens 5 höchstens jedoch 39% (jeweils bezogen auf Sortenleistung eines Jahres in der nichtbewässerten Variante). Im Mittel der Jahre und Sorten lag der Mehrertrag mit Bewässerung bei 28% (Tab. 1). Der Mehrertrag war bedingt durch 17% mehr ährentragender Halme, 7% mehr Körner je Ähre und ebenfalls 7% größeres Einzelkorngewicht. Insbesondere an den Ergebnissen der sehr trocken-warmen Jahre 2017 und 2018 zeigte sich, dass keine der geprüften Sorten über eine Trockentoleranz verfügt. Die relativen Ertragsunterschiede mit und ohne Bewässerung waren weitgehend gleich. Es gab keine statistisch signifikanten Einflüsse der Reifegruppe auf die verschiedenen Parameter. Folglich gab es auch keine Wechselwirkungen zwischen Reifegruppe und der Bewässerung. Lediglich die Bewässerung führe bis auf den Parameter Körner je Ähre zu signifikanten Effekten. Diskutierte Unterschiede in dieser Hinsicht bei den aktuell verfügbaren Weizensorten dürften ausschließlich darauf zurückgehen, wann eine Sorte reift bzw. wann sie sich in einer trockenheitsempfindlichen Entwicklungsphase befindet und wie dazu sich die Niederschlagsmengen bzw. Bodenwasservorräte verhalten. Frühreife Sorten sind folglich nicht per se trocken toleranter, sondern sie entgehen häufig (je nach Jahreswitterung) der Frühsommertrockenheit durch rechtzeitige Entwicklung bei besserer Ausnutzung der Winterfeuchtigkeit. Eine physiologisch begründete Trockentoleranz ist das nicht. Nun muss einschränkend angemerkt werden, dass nur 5 Genotypen in die Prüfung einbezogen wurden. Daher kann die Reaktion anderer Sorten nicht eingeschätzt werden. Allerdings wurden 3 Sorten geprüft, die über eine ausgeprägte Trockentoleranz verfügen sollen. Dies ist aber nicht der Fall, sondern sie verfügen über eine Frühreife. Eine Verwendung dieser Sorten in Gebieten mit Frühsommertrockenheit kann daher dennoch sinnvoll sein.

Tab. 1: Ertrag und Ertragskomponenten im Durchschnitt von fünf Winterweizensorten mit und ohne Bewässerung am Standort Bingen im Mittel in den Jahren 2016 bis 2018 und prozentualer Rückgang bezogen auf die bewässerte Variante (* berechnet auf Basis Ertrag und Tausendkornmasse; ** berechnet auf Basis Ährenanzahl und Kornzahl je Ähre)

Parameter	bewässert	nicht bewässert	Reduktion %
TKM g	50.76	47.03	7.3
Ertrag dt/ha	81.08	58.41	28.0
rel. Ertrag %	100	72.83	27.2
Körner/m ² *	16184	12603	22.1
Körner/m ² **	17199	13211	23.2
Ähren/m ²	490	404	17.6
Körner/Ähre	35.1	32.7	6.8

Literatur

EHRENPFORDT, B.; MÜLLER, J.; CHRISTEN, O. (2015): Trockenstress während und nach der Blüte, Getreide Magazin 06/2015 S.42-45

Diese Ergebnisse entstanden im Rahmen eines Teilprojektes des BMBF-geförderten Vorhabens „AWECOS“ (Förderkennzeichen: 031A353D)

Impact of shifted sowing dates on phenology, growth and yield of narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.)

Til Feike¹, Damian Fiedler^{1,2} und Daniel Jeschke^{1,3}

¹Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut (JKI) | Federal Research Centre for Cultivated Plants, Kleinmachnow; ²Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle; ³Albrecht Daniel Thaer-Institut, Humboldt Universität zu Berlin, Berlin. E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Introduction

Increasing the share of leguminous crops in German crop rotations offers numerous advantages from agro-ecological point of view. Hence legumes are promoted by the Federal Ministry of Food and Agriculture to increase the supply by local protein crops, strengthen regional supply chains and improve ecosystem services and resource protection (BMEL, 2019). One promising legume with intensified breeding and research efforts in recent years is narrow-leaved lupin (*Lupinus angustifolius* L.). However, for is wider integration in German and temperate European cropping systems are low yield levels and high yield variability need to be overcome. To make optimal use of available growth resources, site-specific cultivar selection and sowing dates are crucial factors to realizing increased and stabilized yields.

Material and Methods

Therefore, we conducted a field experiment with three cultivars and four shifted sowing dates at the JKI experimental field in Berlin-Dahlem during 2017, 2018 and 2019. The experimental design was a split plot design with six replications with sowing date as the whole-block factor and cultivar as the sub-plot factor. Sowing dates were shifted by seven to ten days starting with the first sowing date at the earliest possible time after winter (cf. Tab. 1).

Table 1. Shifted sowing dates of lupin during 2017 to 2019; number of days after the first sowing date of each season are given in brackets.

	1 st sowing date	2 nd sowing date	3 rd sowing date	4 th sowing date
2017	15-Mar	24-Mar (+9)	3-Apr (+19)	10-Apr (+26)
2018	27-Mar	5-Apr (+9)	12-Apr (+16)	19-Apr (+23)
2019	2-Apr	9-Apr (+7)	16-Apr (+14)	25-Apr (+23)

We assessed phenological development stage, canopy height and leaf area index using the SunScan Canopy Analyser (Delta-T Devices) on a weekly basis. Additionally we conducted destructive assessments of dry matter of different plant compartments at pre-determined phenological stages specifically for each sowing date x cultivar combination. The stages were namely five-six leaf stage (BBCH 31-33), beginning of flowering (BBCH 59-61) and first brown pods (BBCH 83) during 2017 and 2018 season. At harvest maturity we assessed yield and various yield components, including harvest index, pods per plant, seeds per pod, thousand kernel mass, as well as raw fat and raw protein content during 2018 and 2019 season. Due to severe *Fusarium spp.* infestation in the late 2017 season no yield could be determined in the first experiment year.

Results and Discussion

Earlier sowing dates led to higher maximum leaf areas and to highest grain yields (Fig. 1). Higher grain yields were not related to higher thousand kernel mass (Fig. 2), but were mainly driven by higher number of pods per plant and seeds per pod. Accumulation of heat units and the photothermal quotient helped us to further explain yield differences.

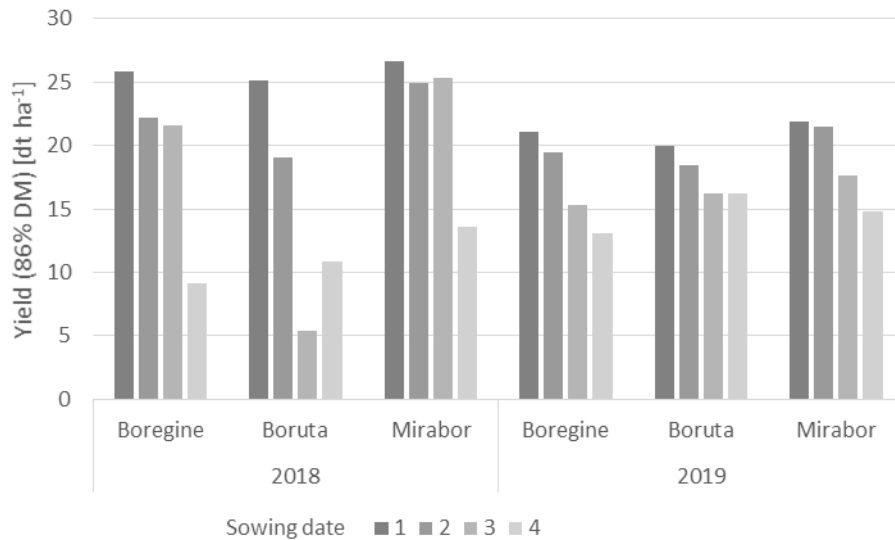


Figure 1. Average grain yields of three lupin cultivars at four sowing dates during 2018 and 2019.

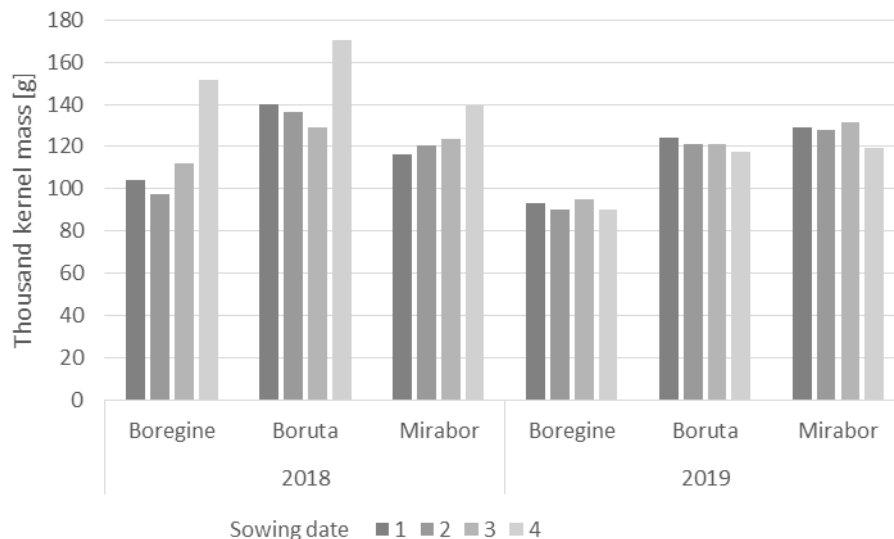


Figure 2. Average thousand kernel mass of three lupin cultivars at four sowing dates during 2018 and 2019.

References

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2019) Eiweißpflanzenstrategie. https://www.bmel.de/DE/Landwirtschaft/Pflanzenbau/Ackerbau/_Texte/Eiweisspflanzenstrategie.html

Phosphordüngungsstrategien im Langzeit-Feldversuch: Entwicklung der Phosphor-Fractionen im Boden in Abhängigkeit mineralischer und organischer Düngungsvarianten

Philipp Koal¹, Theresa Zicker¹, Florian Freitag¹, Paul Winklhofer² und Bettina Eichler-Löbermann¹

¹Professur für Pflanzenbau/Universität Rostock, Rostock; ²Professur für Phytomedizin/Universität Rostock, Rostock. E-Mail: philipp.koal@uni-rostock.de

Einleitung

Dauerfeldversuche leisten einen wichtigen Beitrag zur Bewertung von agronomischen Maßnahmen. Dies ist bezüglich des Nährstoffs Phosphor (P) besonders bedeutsam, da sich Veränderungen im P- Management häufig erst nach vielen Jahren in den P-Gehalten des Bodens bemerkbar machen. Zur Bewertung der P-Versorgung von Böden werden standardmäßig pflanzenverfügbare P-Verbindungen ermittelt (in Deutschland meist im DL- oder CAL- Extrakt). Jedoch kann die Ermittlung weiterer P-Fractionen wichtige Erkenntnisse zu dem P-Kreislauf im Boden liefern. Für ausgewählte Jahre wurden P-Fractionen im Zeitverlauf und in Abhängigkeit organischer und mineralischer Düngungsvarianten des Rostocker Langzeit-Feldversuchs untersucht und ausgewertet.

Material und Methoden

Auf dem bereits seit 1998 existierenden Langzeit-Feldversuch der Universität Rostock zu P-Düngungsstrategien werden einfache und kombinierte Effekte organischer und mineralischer Düngung auf den P-Vorrat des Bodens und die Verfügbarkeit von Nährstoffen untersucht: I) Kontrolle ohne P-Zufuhr, II) Tripelsuperphosphat (TSP) III) Biomasse-Asche (BMA) IV) Rinderdung (RD) V) RD x TSP VI) RD x BMA VII) Bioabfall-Kompost (BK) VIII) BK x TSP IX) BK x BMA. Für ausgewählte Jahre (1999, 2003, 2008, 2012 und 2017) und für ausgewählte Düngungsvarianten wurden Analysen der organischen (Po) und anorganischen (Pi) P-Fractionen im Boden nach Hedley et al. (1982) und Tiessen et al. (2007) durchgeführt. Um mögliche Veränderung der P-Vorräte in tieferen Bodenschichten zu erfassen, wurden zudem der Unterboden 1 (30-60) und der Unterboden 2 (60-90 cm) für die Jahre 2012 und 2017 beprobt. Die Unterteilung der P-Fractionen im Boden erfolgte nach deren Löslichkeit in labile, moderat labile und stabile P-Formen. Der labile und daher leicht lösliche Teil bildet sich aus den Harz-/H₂O-P, NaHCO₃-Pi und NaHCO₃-Po Fraktionen. Die Fraktionen NaOH-Pi und NaOH-Po werden zusammen als moderat labil und die Fraktionen H₂SO₄-Pi, H₂SO₄-Po und residual P (Pres) als stabil betrachtet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigten mit den Jahren zunehmende Unterschiede in den Fraktionen in Abhängigkeit von den Düngungsvarianten. Dabei hatte die Quantität der ausgebrachten Düngermenge einen größeren Effekt auf die P-Vorräte im Oberboden als die Art der P-Quelle; es wurden über die Jahre hinweg keine Unterschiede zwischen der organischen und mineralischen Düngung gefunden (siehe Abbildung 1).

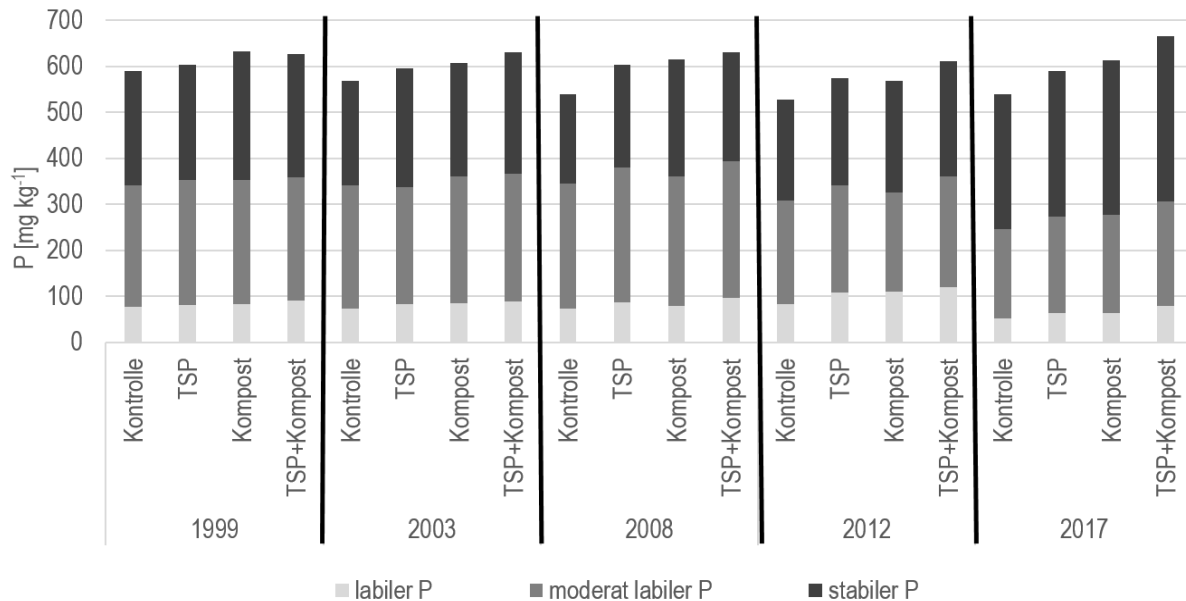


Abbildung 1: Gestapelt dargestellte P-Fractionen (Oberboden, 0-30 cm) gruppiert in labilen, moderat labilen und stabilen P für ausgewählte Jahre und Düngeverarianten

Da die P-Bilanzen die verfügbaren P-Gehalte im Oberboden nicht vollständig erklären konnten, wurden neben vertikalen Verlagerungen und oberflächlichen Abtragungsprozessen auch Veränderungen der P-Fractionen in tieferen Bodenschichten in Betracht gezogen. Beispielsweise waren im Unterboden 1 erhöhte Gehalte der labilen und moderat labilen Fraktionen (wasserlöslicher P, P-NaHCO₃, P-NaOH) insbesondere nach der Düngung mit TSP zu finden, wohingegen eine kombinierte Düngung (mit hohen Bilanzüberschüssen) besonders die stabilen Fraktionen (P-H₂SO₄, Pres) erhöhte. Insgesamt hatten die verschiedenen Düngervarianten einen höheren Einfluss auf die P-Gehalte im Boden als auf die Erträge.

Literatur

- Eichler-Löbermann, Bettina; Köhne, Sigrid; Köppen, Detloff (2007): Effect of organic, inorganic, and combined organic and inorganic P fertilization on plant P uptake and soil P pools. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170 (5).
- Hedley, M. J.; Stewart, J. W. B.; Chauhan, B. S. (1982): Changes in Inorganic and Organic Soil Phosphorus Fractions Induced by Cultivation Practices and by Laboratory Incubations. *Soil Science Society of America Journal* 46 (5), S. 970–976.
- Requejo, María Isabel; Eichler-Löbermann, Bettina (2014): Organic and inorganic phosphorus forms in soil as affected by long-term application of organic amendments. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 100 (2), S. 245–255.
- Tiessen, H.; Moir, J. O. (2007): Chapter 25. Characterization of Available P by Sequential Extraction. M. Carter und E. Gregorich (Hg.): *Soil Sampling and Methods of Analysis*, Second Edition: CRC Press, 293-306.

Sind die Abschläge zur Berücksichtigung der Stickstoffnachlieferung bei der Düngebedarfsermittlung nach neuer DV ausreichend? - Evaluationen anhand eines N-Mineralisationsmodells

Sabine Heumann, Annegret Fier und Knut Meyer

Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie, Hannover.
E-Mail: sabine.heumann@lbeg.niedersachsen.de

Einleitung

In Deutschland wurde an 28 % der Grundwassermessstellen unter landwirtschaftlicher Nutzung (neues EUA-Messnetz, $n = 692$) im Zeitraum 2008-2011 der Trinkwasser-Grenzwert von 50 mg Nitrat/l überschritten, an weiteren 9 % lag die Konzentration im Bereich 40-50 mg Nitrat/l (BMUB/BMEL 2016). Zudem sind zwischen diesem und dem aktuellen Überwachungszeitraum (2012-2014) keine wesentlichen Veränderungen in der Verteilung der Nitratkonzentrationen aufgetreten (BMUB/BMEL 2016). Diese Anteile liegen auch im Vergleich zu anderen EU-Mitgliedstaaten relativ hoch, obwohl die Vergleichbarkeit aufgrund unterschiedlicher Monitoringmessnetze und -strategien begrenzt ist (European commission 2018). In Niedersachsen lagen 2016 sogar an 35 % der Messstellen unter landwirtschaftlicher Nutzung die Werte oberhalb von 50 mg Nitrat/l (Landwirtschaftskammer Niedersachsen 2018).

berwiegend stammt das Nitrat aus mineralischen und organischen Düngemitteln und der N-Mineralisation aus organischer Substanz. In der Düngeverordnung 2017 wurden für die Ermittlung des N-Düngebedarfs erstmals Abschläge zur Berücksichtigung der N-Nachlieferung aus verschiedenen organischen Quellen vorgegeben.

Ziel war es hier, für zwei der drei Abschläge anhand des N-Mineralisationsmodells *NET N* (Heumann et al. 2011a,b) zu prüfen, ob dadurch die Nachlieferung ausreichend berücksichtigt wird oder ob aus fachlicher Sicht eine Überarbeitung notwendig ist.

Material und Methoden

Das N-Mineralisationsmodell *NET N* berechnet die tägliche N-Nettomineralisation aus zwei organischen N-Pools und berücksichtigt Einflüsse des Bodenwassergehaltes und der Temperatur (Heumann et al. 2011a). Die beiden Poolgroen werden direkt aus Langzeitlaborinkubationen von feldfeuchten Proben bestimmt oder mittels empirischer Pedotransferfunktionen ermittelt (Heumann et al. 2011b).

Der Abschlag nach §4 (1) 4 DV (2017) für die zusätzlich pflanzenverfügbar werdende Stickstoffmenge aus dem Bodenvorrat (hier: ‚Abschlag 1‘) wurde evaluiert mittels Simulationen der Nachlieferung aus dem langsam mineralisierbaren N-Pool (sog. Pool N_{slow} von *NET N*). Dafür wurden umfangreiche Bodendaten sowie Versuchsergebnisse von niedersächsischen Standorten mit unterschiedlichen Humusgehaltsklassen (h2 - h5) und verschiedenen Bodenarten genutzt.

Der zweite Abschlag nach §4 (1) 5 DV für die N-Nachlieferung aus organischen Düngemitteln des Vorjahres (hier: ‚Abschlag 2‘) wurde evaluiert mittels Auswertungen von Inkubationsdaten verschiedener Versuchsstandorte mit z.T. unterschiedlich hoher Gülleausbringung. Zudem wurden Simulationen mittels *NET N* unter Verwendung der ermittelten Poolgroen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Abschlag 1: Die Simulationen ergaben, dass die Nachlieferung aus dem Bodenumus von Ackerflächen durch den vorgeschriebenen Abschlag nach DüV (20 kg N/ha ab Humusgehaltsklasse h4) oft deutlich unterschätzt wird. Im Mittel der untersuchten Flächen wären auch für Ackerstandorte die deutlich höheren, nach dem Humusgehalt gestaffelten Abschlüsse, wie sie nach DüV nur für Grünland vorgesehen sind, passender. Bei Berücksichtigung dieser Grünland-Abschlüsse ließe sich speziell eine Kultur wie Mais, die mineralisierten N sehr effizient in Ertrag umsetzt (u.a. Heumann et al. 2013), weitaus grundwasserschonender anbauen. Aus fachlicher Sicht sollte daher dringend eine entsprechende Erhöhung dieser Abschlüsse insbesondere auf humusreicheren Böden und/oder nach Grünlandumbruch erfolgen. Zumindest sollte gerade für Mais die derzeit diskutierte 20%-ige Reduktion des Düngedarfs als schlagbezogene Vorgabe in nitratsensiblen Gebieten aufrechterhalten werden.

Abschlag 2: Die Auswertungen der Versuchsdaten und Simulationen zeigten, dass die nach DüV zu berücksichtigende N-Nachlieferung aus der organischen Düngung des Vorjahres (hier: Gülle) etwa in der angemessenen Größenordnung (d.h. 10% des Vorjahres-N) liegt.

Literatur

- BMUB/BMEL (2016). Nitratbericht 2016. Gemeinsamer Bericht der Bundesministerien für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit sowie für Ernährung und Landwirtschaft.
- DüV (2017). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV) vom 26.5.2017. BGBl. I S. 1305.
- European Commission (2018). Report from the commission to the council and the European parliament on the implementation of Council Directive 91/676/EEC concerning the protection of waters against pollution caused by nitrates from agricultural sources based on Member State reports for the period 2012–2015. SWD(2018) 246 final.
- Heumann S, Fier A, Haßdenteufel M, Höper H, Schäfer W, Eiler T, Böttcher J (2013). Minimizing nitrate leaching while maintaining crop yields: Insights by simulating net N mineralization. *Nutr Cycl Agroecosyst* 95:395-408. DOI:10.1007/s10705-013-9572-y
- Heumann S, Ringe H, Böttcher J (2011a). Field-specific simulations of net N mineralization based on digitally available soil and weather data. I. Temperature and soil water dependency of the rate coefficients. *Nutr Cycl Agroecosyst* 91:219-234. DOI:10.1007/s10705-011-9457-x
- Heumann S, Ringe H, Böttcher J (2011b). Field-specific simulations of net N mineralization based on digitally available soil and weather data: II. Pedotransfer functions for the pool sizes. *Nutr Cycl Agroecosyst* 91:339-350. DOI:10.1007/s10705-011-9465-x
- Landwirtschaftskammer Niedersachsen (2018). Nährstoffbericht für Niedersachsen 2016/2017.

Potential von Düngebeschränkungen zur Verringerung der Nitratausträge in einem intensiv genutzten Trinkwassergewinnungsgebiet Nordwestdeutschlands

Insa Kühling¹, Maria Vergara², Mareike Beiküfner² und Dieter Trautz²

¹Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Uni Halle; ²FG Umweltschonende Landbewirtschaftung, Hochschule Osnabrück. E-Mail: insa.kuehling@landw.uni-halle.de

Einleitung

Der Nitrat-Grenzwert von 50 mg l⁻¹ im Grundwasser wird trotz umfassender Maßnahmen gemäß der EG-Nitratrichtlinie in Deutschland häufig überschritten, was eine Anklage Deutschlands in 2016 durch die Europäische Kommission vor dem EGH zur Folge hatte (EC 2016). Insbesondere die Grundwasserkörper unter intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen auf sandigen Böden wie in den viehstarken Regionen Nordwestniedersachsens weisen erhöhte Nitratgehalte auf (Gutser et al. 2005). Zur Reduzierung der Nitratreinträge wurden im Trinkwassergewinnungsgebiet Belm-Nettetal (Karstgrundwasserleiter, zu 58 % unter landwirtschaftlicher Nutzung mit überwiegend hoher Intensität) bei Osnabrück im Jahr 2016 Düngebeschränkungen erlassen. Zur Überprüfung der Maßnahmen werden seitdem in einer Saugkerzenanlage unterhalb der effektiven Durchwurzelungszone Sickerwasseranalysen durchgeführt und die Ertragseffekte beobachtet.

Material und Methoden

Unter einem Feldversuch mit 3 Kulturen (Winterweizen, Wintergerste, Silomais) wurde in einer randomisierten Blockanlage kontinuierlich Sickerwasser in 80cm gesammelt und agronomische Parameter in 4 Düngegraden (0, 50 kg/ha N sowie Sollwert und Sollwert reduziert um 10 bzw. 20% bei Weizen/Gerste bzw. Mais in zwei Düngegraden rein mineralisch/organisch+mineralisch) erfasst. Die Nitratanalyse des Sickerwassers erfolgte in 14-tägigen Sammelmischproben je Variante.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 2 Versuchsjahren konnten keine signifikanten Ertragsrückgänge unter reduzierter Düngung nach Schutzgebietsverordnung festgestellt werden (Tab. 1) während die Nitratbelastung im Mittel leicht reduziert werden konnte (Abb. 1).

Tab. 1: Mittlere Erträge (N=3) ± Standardabweichung in dt ha⁻¹ in den Düngevarianten je Jahr. (Gerste/Weizen: Kornerträge 86%TS; Mais: GPS-Ertrag TS; Tukey-Test (α=0.05), Kleinbuchstaben: signifikante Unterschiede mineralische, Großbuchstaben organische+mineralische Düngung)

	Wintergerste		Winterweizen		Silomais	
	min	org+min	min	org+min	min	org+min
2017						
0	27.6 ± 2.0 b		21.9 ± 4.0 c		178.0 ± 14.9 b	
50	46.6 ± 1.0 ab		39.5 ± 1.8 b		216.8 ± 1.9 a	
SW	56.3 ± 2.0 a	53.8 ± 3.4 A	56.9 ± 7.2 a	48.7 ± 6.5 A	220.9 ± 5.4 a	197.6 ± 17.1 A
SWred	53.1 ± 3.0 ab	49.9 ± 4.5 A	52.9 ± 2.3 ab	46.1 ± 7.4 A	225.5 ± 20.6 a	224.8 ± 26.2 A
2018						
0	25.5 ± 1.5 c		29.6 ± 3.5 c		128.2 ± 6.9 b	
50	46.8 ± 2.5 b		54.5 ± 3.1 b		176.8 ± 5.9 a	
SW	64.1 ± 1.1 a	57.6 ± 2.9 A	85.9 ± 2.3 a	80.2 ± 2.2 A	160.9 ± 16.2 a	148.9 ± 18.0 A
SWred	65.2 ± 1.3 a	57.6 ± 1.0 A	86.0 ± 2.2 a	74.5 ± 4.7 A	177.0 ± 9.5 a	154.5 ± 17.4 A

Insbesondere durch die Reduktion der hohen Nitratkonzentrationen zu Beginn der Sickerwasserperiode konnten die Frachten durch die reduzierte Düngung verringert werden. Das Potential zur Entlastung war bei kombinierter Düngung größer als bei rein mineralischer.

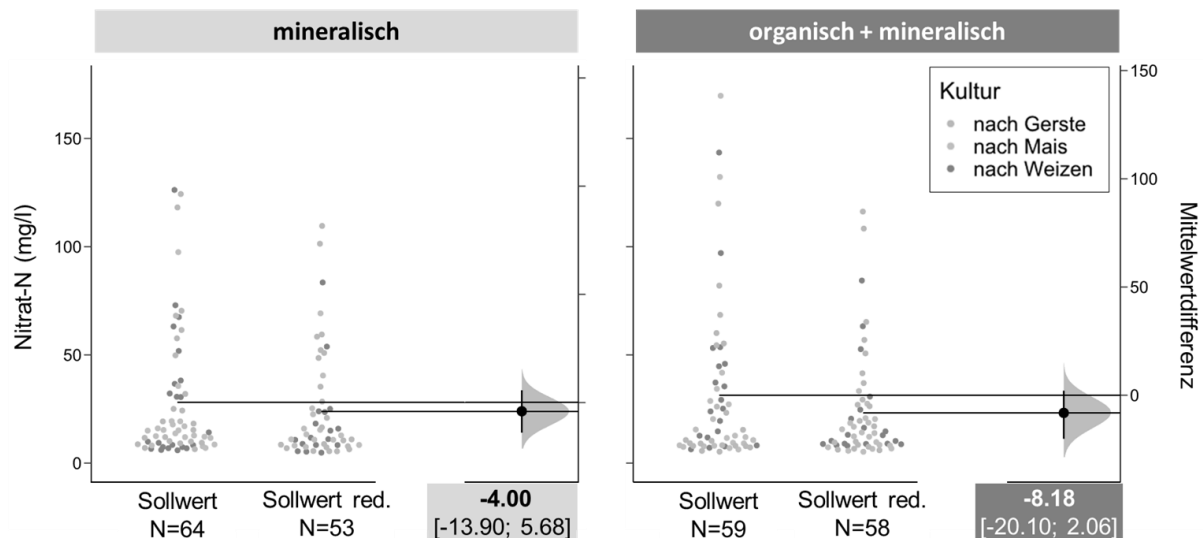


Abb. 1: Nitratkonzentrationen und mittleres Nitrat-N-Reduktionspotential in mg/l Differenz [95% Konfidenzintervall] im Sickerwasser über alle Kulturen und zwei Versuchsjahre je Düngeregime.

Durch die Düngebeschränkung konnten die Frachten (min / org+min) im Mittel um 10 / 12 kg ha⁻¹ nach Gerste, um 25 / 34 kg ha⁻¹ nach Weizen und um 1 / 40 kg ha⁻¹ nach Mais reduziert werden. Dies entspricht einer mittleren Frachtentlastung von 14 % bei mineralischer und 35 % bei kombinierter organischer und mineralischer Düngung. Es bestand ein deutlich positiver Zusammenhang zwischen Nach-Ernte-N_{min}-Gehalten und Nitrat-Verlagerung im Sickerwasser. Insgesamt lagen trotz der Verdünnungseffekte im Verlauf der Sickerwasserperiode nur 44% aller gemessenen Proben unterhalb des Grenzwertes ($\emptyset$ NO₃-Konz >100 mg l⁻¹) trotz durchweg geringen (teilweise sogar negativen) N-Bilanzsalden.

Die moderate Reduzierung der N-Düngung (um 10 bzw. 20%) führte zu einer durchschnittlichen Verbesserung der Sickerwasserqualität, in den ersten 2 Versuchsjahren ohne negative Auswirkungen auf die Erträge. Während im ersten Versuchsjahr auch die Ertragsqualität weitestgehend unbeeinflusst war, zeigte sich eine Verringerung der Proteingehalte im extrem trockenen Erntejahr 2018. Zur weiteren Bewertung der Wirksamkeit der Schutzgebietsverordnung bleibt die Auswertung des dritten Versuchsjahres abzuwarten.

Danksagung

Die Ergebnisse wurden im Rahmen des vom NLWKN geförderten „Modell- und Pilotprojekts Belm-Nettetal“ in Zusammenarbeit mit der LWK Niedersachsen erzielt. Herzlichen Dank an M. Kohlbrecher für die Unterstützung bei der Versuchsdurchführung.

Literatur

- EC (2016) Kommission verklagt Deutschland vor dem Gerichtshof der EU wegen Gewässerverunreinigung durch Nitrat. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-16-1453_de.htm.
- Gutser R, Ebertseder T, Weber A, et al (2005) Short-term and residual availability of nitrogen after long-term application of organic fertilizers on arable land. J Plant Nutr Soil Sci 168:439–446.

Ertrags- und Qualitätsschätzung von Grünland mittels drohnengestützter hyperspektraler Bilder

Matthias Wengert, Jayan Wijesingha, Thomas Astor und Michael Wachendorf

Universität Kassel, Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe.

E-Mail: m.wengert@uni-kassel.de

Einleitung

Grünland hat eine hohe wirtschaftliche Bedeutung für viehhaltende - insbesondere für ökologisch wirtschaftende - Betriebe. Genaue Kenntnisse über Ertrag und Qualität von Grünland sind sowohl für die effiziente Nutzung von intensivem Grünland notwendig, als auch für die angepasste Bewirtschaftung extensiver Grünlandstandorte von Vorteil. Bisherige Methoden zur präzisen großflächigen Bestimmung von Ertrag und Futterqualität von Grünland sind sehr arbeits- und zeitintensiv. Mittels Drohnen können in Echtzeit großflächig hochaufgelöste Daten von Grünland erhoben werden. Hyperspektrale Sensoren eignen sich hierzu insbesondere, da durch die hohe spektrale Auflösung im sichtbaren und nahinfraroten Spektrum des Lichts Rückschlüsse auf die biophysikalischen und biochemischen Eigenschaften von Pflanzen gezogen werden können (Numata 2019).

Ziel der vorliegenden Arbeit war die großflächige, hochaufgelöste Schätzung von Frischmasse (FM), Trockenmasse (DM), sowie Rohprotein- (CP) und ADF-Gehalt von Grünland auf Basis von hyperspektralen Drohnenaufnahmen.

Material und Methoden

Im Sommer 2018 wurden mittels eines drohnenbasierten hyperspektralen Sensors Daten von acht Grünlandbeständen unterschiedlicher Pflanzengesellschaften und Nutzungsintensitäten erhoben. Vier extensive Standorte befanden sich im Biosphärenreservat Rhön (Hessen & Bayern), während die restlichen vier Standorte mit verschiedenen Nutzungsintensitäten in der Nähe von Witzenhausen (Hessen) lagen. Die hyperspektralen Aufnahmen wurden mit einer Cubert FireflyEYE S185 (Cubert GmbH, Ulm) Snapshot-Kamera auf einer Fläche von 25 x 50 m aufgenommen. Als Plattform diente eine Copter Squad RTK-X8 (Copter Squad AUS UG, Stahnsdorf) Oktokopter-Drohne.

Referenzproben für die Bestimmung von FM, DM, CP- und ADF-Gehalt wurden vor jedem Schnitttermin innerhalb des Plots von 15 (Rhön) bzw. 20 (Witzenhausen) randomisiert verteilten 1 m² Subplots genommen. In der Rhön konnten aufgrund geringer Biomasseerträge nur 5 Qualitätsproben (CP, ADF) pro Schnitttermin und Standort genommen werden. Insgesamt wurde von 320 Subplots die Biomasse und von 194 Subplots die Futterqualität bestimmt.

Aus den hyperspektralen Daten und den Referenzmessungen wurden anschließend mittels Methoden des maschinellen Lernens (ML) in der Statistiksoftware R Modelle zur Biomasse- und Qualitätsschätzung erstellt. Es wurden die Methoden Partial Least Squares Regression (PLSR), Random Forest Regression (RFR), Support Vector Regression (SVR) und die regelbasierte Methode CUBIST erprobt. Der hyperspektrale Datensatz wurde dazu in 80 % Trainings- und 20 % Testdaten unterteilt. Mit jeder ML-Methode wurde anschließend in 100 Durchläufen, bei denen jeweils randomisiert andere Proben für Trainings- und Testdaten ausgewählt wurden, der am häufigsten auftretende beste Tuning Parameter ermittelt. Die Modellgenauigkeit wurde ebenfalls auf diese Weise als Median aus 100

Wiederholungen der Validierung bestimmt. Die am meisten auftretenden besten Tuning Parameter wurden anschließend für die Erstellung von Karten genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

FM, DM und ADF konnten am besten mit der Methode CUBIST geschätzt werden, CP mit der Methode SVR. CP- und ADF-Gehalt konnten mit sehr geringem Fehler geschätzt werden (Median rRMSEP: 10,6 % und 13,4 %). Die Schätzung von FM und DM gelang nur mit erheblich höherem Fehler (Median rRMSEP: 39 % und 36 %, RMSE: 0,269 kg/m² und 0,069 kg/m²), allerdings bei vertretbarem absolutem Fehler. Der relative Schätzfehler ist vergleichbar mit Ergebnissen aus Untersuchungen mit terrestrischer Feldspektroskopie (Biewer et al. 2009; Psomas et al. 2011).

Parameter	Modell	Median der Modellgüte (Validierung)		
		R ²	RMSEP	rRMESP (%)
FM (kg/m ²)	CUBIST	0,86	0,27	39,0
DM (kg/m ²)	CUBIST	0,76	0,07	36,0
CP (% DM)	SVR	0,79	1,9	10,6
ADF (% DM)	CUBIST	0,56	2,2	13,4

Der hohe relative Fehler bei der Schätzung der Biomasse ist unter anderem der hohen Varianz der Daten geschuldet, die aus den extremen Ertragsunterschieden im Jahrhundertssommer 2018 resultierte. Es erwies sich als schwierig, die stark unterschiedlichen Nutzungsintensitäten und Grünlandgesellschaften mit einem Modell zur Biomasseschätzung abzubilden. Die Ergebnisse der Schätzung von CP und ADF sind jedoch vielversprechend und auch die Fehler der Biomasseschätzung könnten mittels der Fusion von Messungen verschiedener Sensoren weiter verringert werden. Die Ergebnisse zeigen, dass trotz des extremen Sommers 2018 mit drohnengestützter hyperspektraler Fernerkundung die großflächige und hochaufgelöste Schätzung von Futterqualität und Biomasse im Grünland präzise möglich ist und die Methode somit eine vielversprechende Möglichkeit zur Untersuchung von Grünlandbeständen darstellt.

Literatur

- Biewer, S., Fricke, T., & Wachendorf, M. (2009). Determination of Dry Matter Yield from Legume–Grass Swards by Field Spectroscopy. *Crop Science*, 49(5), 1927. <https://doi.org/10.2135/cropsci2008.10.0608>
- Numata, I. (2019). Characterization on Pastures Using Field and Imaging Spectrometers. In P. S. Thenkabail, J. G. Lyon, & A. Huete (Eds.), *Hyperspectral remote sensing of vegetation* (pp. 197–218).
- Psomas, A., Kneubühler, M., Huber, S., Itten, K., & Zimmermann, N. E. (2011). Hyperspectral remote sensing for estimating aboveground biomass and for exploring species richness patterns of grassland habitats. *International Journal for Remote Sensing*, 32(24), 9007–9031. <https://doi.org/10.1080/01431161.2010.532172>

Teilflächenspezifische Ertragsbildung von Winterweizen unter Trockenstress

Joseph Donauer, Josephine Bukowiecki, Till Rose und Henning Kage

Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Abteilung Acker- und Pflanzenbau
Christian-Albrechts-Universität, Kiel. E-Mail: joseph.donauer@hotmail.de

Einleitung

Aufgrund abnehmender Temperaturdifferenzen zwischen den Äquatorialzonen und Nord- bzw. Südpol werden einzelne Wetterphasen – und damit auch Dürreperioden – in Zukunft länger anhalten. Im Weizenanbau wird der auftretende Trockenstress durch eine Selbstfolge und damit auftretende bodenbürtige Krankheiten noch verstärkt. Für die Anpassung der dritten N-Gabe, zur Vermeidung der Überschreitung des Optimums, müssen die Teilflächenunterschiede bezüglich N-Bedarf und N-Nachlieferung rechtzeitig und schlagkräftig erfasst werden. Hierfür bieten die aktuellen Entwicklungen in der Drohnentechnologie vielversprechende Möglichkeiten.

Material und Methoden

Auf einem für das östliche Hügelland Schleswig-Holsteins charakteristischen Standort mit stark heterogenen Bodenverhältnissen wurde in der Vegetationsperiode 2017/2018 ein N-Steigerungsversuch in Stoppelweizen angelegt. Dieser war unterteilt in fünf N-Stufen mit 40 Wiederholungen (Großparzellen), welche über den gesamten Schlag verteilt sowohl Plateau-, Hang- und Senkenbereiche abbildeten. Es wurde geprüft, inwieweit durch den UAV-basierten Einsatz von Multispektral- und Thermalsensorik großflächig Rückschlüsse auf die Variation in der Ertragsbildung zwischen den Teilflächen gezogen werden können. Zusätzlich zu den Befliegungen wurden Messungen der Textur, der Bodenfeuchte und der Wurzelentwicklung durchgeführt. Im Fokus der Untersuchungen lagen der Einfluss der Variation von Strahlungsaufnahme und Wasserhaushalt auf das Ertragspotential sowie die Variation in der Stickstoffnachlieferung. Letztgenannte wurde in den ungedüngten Parzellen einer jeden Großparzelle ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen den Teilflächen konnten beträchtliche Unterschiede im Strahlungs- und Wasserhaushalt (Tabelle 1) sowie in der Stickstoffnachlieferung ausgemacht werden, die in einem Ertragspotential der Großparzellen von 67 bis 95 dt ha⁻¹ resultierten.

Tabelle 1: Variation ausgewählter Messgrößen in den Dünge­stufen 160-320 N.

Beobachtung [Einheit]	Mittelwert	Min.	Max.
Strahlungsaufnahme bis 01.06.2018 [MJ PAR m ⁻²]	473	407	499
Strahlungsaufnahme nach 01.06.2018 [MJ PAR m ⁻²]	263	186	313
Strahlungsnutzungseffizienz [g TM MJ ⁻¹ PAR]	1,75	1,40	2,00
Bestandestemperaturresiduum [°C]	0,08	-1,51	2,89

Die langsamere Bestandesentwicklung im Nordhang, im Vergleich zur Senke und zum Zwischenplateau, führte zu einer geringeren Strahlungsaufnahme (berechnet auf Grundlage der Spektralflüge nach Bukowiecki et al., in Veröffentlichung) vor dem Thermalflug am 01.06.2018. Nach dem 01.06.2018 wies das Zwischenplateau

aufgrund der früheren Abreife die geringste Strahlungsaufnahme auf. Die Strahlungsnutzungseffizienz korrelierte gut mit der Strahlungsaufnahme nach dem 01.06.2018. Die höchsten Erträge wurden in der Senke realisiert.

Das Bestandestemperaturresiduum, das die Oberflächentemperatur des Bestandes, bereinigt um das Temperatursignal des Bodens, darstellt, bildete den Bodenwasserhaushalt zufriedenstellend ab. Des Weiteren korreliert es gut mit der Strahlungsaufnahme nach dem 01.06.2018 bzw. mit der Strahlungsnutzungseffizienz. Diese Beobachtungen werden zurückgeführt auf eine vorzeitige Abreife und abnehmende stomatäre Leitfähigkeit unter Trockenstress.

Dass das Bestandestemperaturresiduum, in Ergänzung zur Strahlungsaufnahme, eine deutliche Verbesserung der Ertragsprognose in Trockenjahren ermöglicht, konnte anhand eines Modellvergleichs gezeigt werden (Abbildung 1).

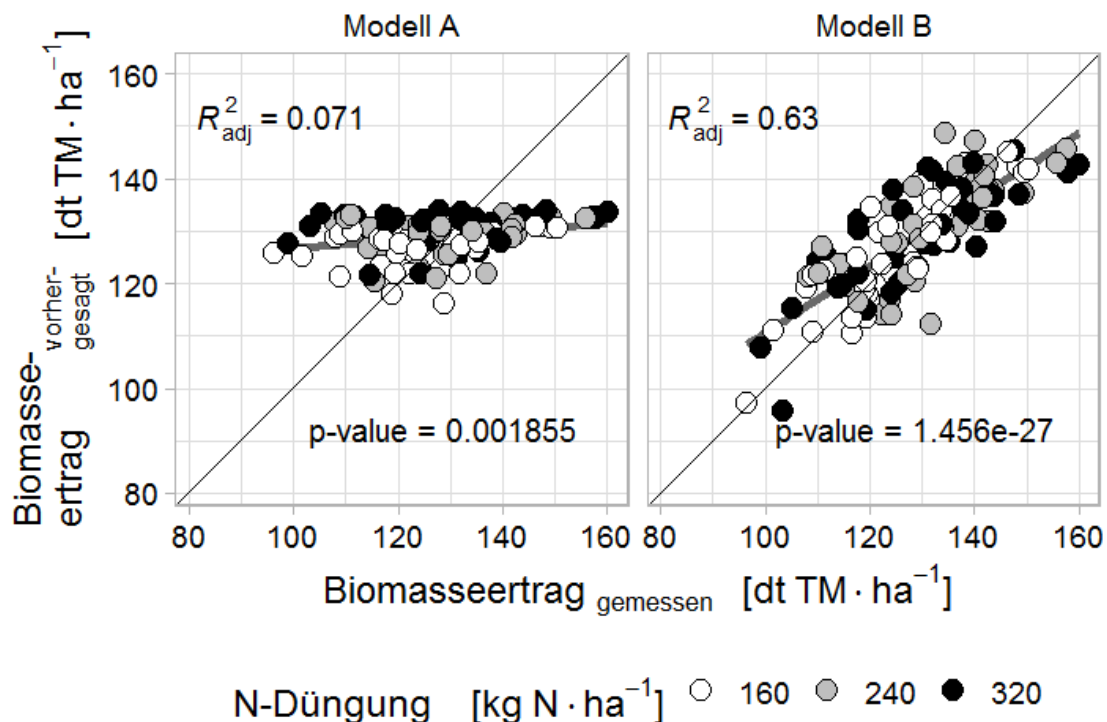


Abbildung 1: Vergleich der Vorhersagegenauigkeit des Biomasseertrages zweier *ex-post* erstellter Modelle (A: Strahlungsaufnahme bis zum 01.06.2018, B: zusätzliche Berücksichtigung des Bestandestemperaturresiduums am 01.06.2018).

Für die Stickstoffnachlieferung, die zwischen 37 und 91 kg N ha⁻¹ variierte, konnte ein enger Zusammenhang mit dem Ertragspotential und eine starke Abhängigkeit von der Geländedeposition gezeigt werden. Vermutlich sind unterschiedliche Humusgehalte und -mengen hierfür ursächlich.

Die optimale Stickstoffdüngung der Teilfläche, die sowohl vom Ertragspotential als auch von der Stickstoffnachlieferung bestimmt wird, hängt folglich von einem komplexen Netz verschiedener Einflussgrößen ab.

Die Übertragbarkeit der Ergebnisse wurde im Jahr 2019 überprüft.

Literatur

Bukowiecki, J.; Rose, T.; Ehlers, R.; Kage, H. (in Veröffentlichung): High-Throughput Prediction of Whole Season Green Area Index in Winter Wheat with an Airborne Multispectral Sensor.

Potential sensorbasierter Texturkarten zur Bewertung des Kalkversorgungszustandes

Charlotte Kling¹, Ingmar Schröter², Swen Meyer³, Sebastian Vogel⁴, Golo Philipp⁵, Katrin Lück⁶, Dirk Scheibe⁷, Jörg Rühlmann³, Robin Gebbers⁴ und Eckart Kramer²

¹Gut Wilmersdorf GbR, Angermünde OT Wilmersdorf, ²Hochschule für nachhaltige Entwicklung, Eberswalde, ³Leibnitz-Institut für Gemüse und Zierpflanzenbau (IGZ), Großbeeren, ⁴Leibniz-Institut für Agrartechnik und Bioökonomie e.V. (ATB), Potsdam, ⁵Landwirtschaft Petra Philipp, Booßen, ⁶Land- und Forstwirtschaft Komturei Lietzen GmbH & Co.KG, Lietzen, ⁷Landwirtschaftliche Beratung der Agrarverbände Brandenburg GmbH (LAB), Müncheberg. E-Mail: kling@gut-wilmersdorf.de

Einleitung

Die Kalkversorgung wird in Deutschland meist nach einem VDLUFA-Rahmenschema aus Daten zur Textur, zum Boden-pH und Humusgehalt ermittelt. Für die Ermittlung dieser kalkungsrelevanten Parameter werden Mischproben vom Gesamtschlag entnommen und im Labor untersucht, wobei die Textur meist per Fingerprobe geschätzt wird. Der so ermittelte flächeneinheitliche Kalkbedarf steht allerdings oft im Gegensatz zu der räumlichen Variation innerhalb der Ackerfläche. In dieser Studie werden die kalkungsrelevanten Parameter mit mobilen Bodensensoren hochaufgelöst erfasst und mit herkömmlichen Methoden zur Bewertung des Kalkversorgungszustands verglichen.

Material und Methoden

Der Calciumoxidbedarf (CaO) wurde auf 2 Flächen (27 ha) eines Praxisbetriebes bei Frankfurt/Oder (52°39'01N, 14°43'05E) nach dem VDLUFA-Rahmenschema ermittelt (LVLF 2008). In Variante (0) und (I) wird eine einheitliche Behandlung der gesamten Fläche angenommen, während Variante (II), (III) und (IV) ein teilflächenspezifisches Kalkungsmanagement darstellen (Tab. 1).

Tab. 1: Datengrundlagen für Textur, pH-Wert und Humusgehalt zur Berechnung des Versorgungszustandes und des CaO-Bedarfs nach VDLUFA in den Versuchsvarianten.

Variante	Textur	pH-Wert	Humus
(0) Keine Kalkung	Bodengruppe 2	Gehaltsklasse D	< 4 %
(I) Einheitlich	Bodengruppe 2	Gehaltsklasse C	< 4 %
(II) 3-4 ha Teilflächen	Fingerprobe (1 Mischprobe je 3 ha)	CaCl ₂ -Methode (1 Mischprobe je 3 ha)	< 4 %
(III) Bodenschätzung	Fingerprobe (reklassifiziert aus Bodenschätzung)	CaCl ₂ -Methode (1 Mischprobe je 3 ha)	< 4 %
(IV) Bodensensoren	Geophilus (ca. 8300 Messpunkte je 3 ha) und Sedimentationsanalyse für Referenzproben	pH-Manager (ca. 75 Messpunkte je 3 ha) und CaCl ₂ -Methode für Referenzproben	< 4 %

In Variante IV (Bodensensoren) wurde mittels kalibrierter Sensordaten des Geophilus-Messsystems (Geophilus GmbH) eine hochaufgelöste Texturkarte erstellt. Diese wurde mit kalibrierten Daten des pH-Managers (Veris Technologies) zu einer CaO-Bedarfskarte in 2 m Auflösung verrechnet. Für den Humus-Gehalt wurde in allen Varianten weniger als 4 % angenommen, was den überwiegenden Teil der Ackerflächen in Brandenburg entspricht. Die Mehr- bzw. Mindergaben von CaO in den einzelnen Varianten wurden im Vergleich zur sensorgestützten ermittelten CaO-Bedarfskarte (Abb. 1) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Mit den Bodensensordaten (IV) wurden für die Textur alle fünf VDLUFA-Bodengruppen ermittelt, wohingegen nach 3-4 ha Teilflächen (II) und der Bodenschätzung (III) lediglich Bodengruppe 1, 2 und 3 ausgewiesen wurden. Die Analyse der Mischproben aus Teilflächen von 3-4 ha ergab einen pH-Wert von 6.1 bis 6.8 (Median 6.5), während die pH-Manager-Sensorwerte eine größere Spannbreite anzeigten (pH 5.5 bis 6.7, Median 6.3). Entsprechend weichen die Karten der Versorgungsstufen durch in den Varianten stark voneinander ab. Da mit den Bodensensoren pH-Werte texturspezifisch differenziert ausgewertet wurden, ordnete die Variante Bodensensoren (IV) insgesamt 2/3 der Fläche in Versorgungsstufe C zu. Teilflächen mit Versorgungsstufe B (3 % der Fläche) wurden nur mit der Bodenschätzung (III) und den Bodensensoren (IV) ausgewiesen. Der mit den Bodensensoren (IV) ermittelte CaO-Bedarf lag in der Summe bei 24 dt und im Mittel bei $0.9 \text{ dt CaO ha}^{-1}$ und damit auf einem ähnlichen Niveau wie in der einheitlichen (I) und Bodenschätzungsvariante (III), schlägt jedoch eine andere Verteilung mit 2.5-fach höheren Maximalmengen vor. In Abbildung 1 sind die Minder- bzw. Mehrgaben in den Varianten (0, I, II, III) abzüglich der berechneten Kalkmenge auf Grundlage der Bodensensordaten (IV) dargestellt. Wird demnach nach Variante (0), (II) oder (III) gekalkt, werden nur 12-18 % der Fläche bedarfsgerecht versorgt. Eine einheitliche Erhaltungskalkung (I) ermöglicht auf den untersuchten Praxisschlägen eine bedarfsgerechte Versorgung von 44 % der Fläche. Um eine Über- bzw. Unterversorgung mit CaO langfristig zu vermeiden, ist eine bedarfsgerechte Kalk-Applikation anzustreben, welche mit Bodensensordaten erstellt werden kann. Entsprechende Konzepte werden im weiteren Projektverlauf von pH-BB (ph-bb.com) entwickelt (Kling et. al. 2019).

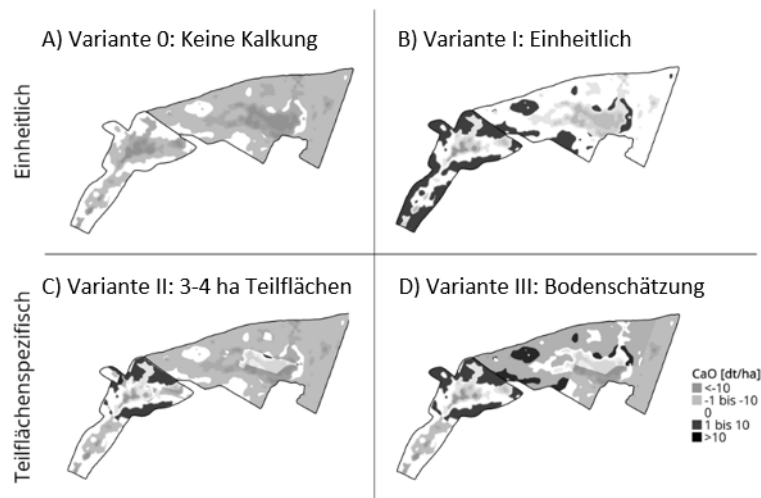


Abb. 1: Minder- bzw. Mehrgaben von CaO (dt ha^{-1}) für die zwei Schläge (27 ha) in den Varianten: 0 - Ohne Kalkung (A), I – Einheitlich (B), II - 3-4 ha Teilflächen (C) und III – Bodenschätzung (D) in Differenz zum CaO-Bedarf nach Variante IV (Bodensensoren).

Literatur

Kling et al. (2019) Berücksichtigung von Bodenvariabilität bei der Kalk-Ausbringung. In: Albrecht, J., Finckh, M., Hamm, U., Hess, J., Knierim, U., Möller, D., Mühlrath, D. (Hrsg.): Beiträge zur 15. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau: Innovatives Denken für eine nachhaltige Land- und Ernährungswirtschaft. Verlag Dr. Köster, Berlin.

LVLf, LLFG & LFBMV (Hrsg.) (2008) Richtwerte für die Untersuchung und Beratung sowie zur fachlichen Umsetzung der Düngeverordnung (DüV): 14-17

Danksagung

Das Projekt pH-BB wird gefördert aus Mitteln des Europäischen Landschaftsfonds für die Entwicklung des ländlichen Raums (ELER) und durch die Investitionsbank des Landes Brandenburg (Förderkennzeichen 80168341).

Einfluss von Direktsaat und Streifensaat im Vergleich zu einer flächigen Bearbeitung auf Ertrag, Zusammensetzung und Umweltparameter im Dauerbodenbearbeitungsversuch Stifterhof

Kurt Möller¹, Karin Hartung¹, Thomas Würfel¹, Christian Erbe² und Jörn Breuer¹

¹Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, E-Mail: kurt.moeller@ltz.bwl.de

²Landwirtschaftsamt Bruchsal, Bruchsal

Einleitung

Der Boden ist ein wertvoller und endlicher Produktionsfaktor, den es zu schützen, zu erhalten und zu verbessern gilt. Die Bodenbearbeitung spielt bei der landwirtschaftlichen Produktion eine zentrale Rolle, da sie pflanzenbauliche, bodenökologische und ökonomische Auswirkungen hat. Zahlreiche Versuche haben gezeigt, dass eine herkömmliche Bodenbearbeitung mit dem Pflug pflanzenbaulich kurz- und mittelfristig die höchsten Erträge und Ertragssicherheit bietet, aber in hängigem Gelände mit einer erhöhten Erosionsgefahr einhergeht. Direktsaatverfahren ermöglichen dagegen einen sehr wirksamen Erosionsschutz, sind aber mit einigen Nachteilen verbunden (im Durchschnitt etwa 10 % geringere Erträge, Akkumulation von Nährstoffen an der Bodenoberfläche, erhöhte Verunkrautung, Schäden durch Schnecken und Mäuse etc.) (z. B. Seiter et al. 2017). Alternativen zu diesen Verfahren sind eine flache, flächige, nicht-wendende Bearbeitung ohne Pflug, oder eine Streifensaat, bei der unter Reihenkulturen nur die Reihen bearbeitet werden, in denen die Kulturpflanze steht. In einem Dauerversuch soll untersucht werden, inwieweit solche Verfahren im Vergleich zu Direktsaatverfahren hinsichtlich Ertrag, Qualität und Umweltparametern zu bewerten sind.

Material und Methoden

Im Jahr 2012/13 wurde an der Versuchsstation Stifterhof des landwirtschaftlichen Technologiezentrums Augustenberg ein Dauerversuch zu drei verschiedenen Bodenbearbeitungssystemen mit reduzierter Bodenbearbeitung in einer vierfeldrigen Fruchtfolge (1. Raps – 2. Winterweizen + ZF – 3. Körnermais – 4. Winterweizen) mit vier Wiederholungen etabliert. Die untersuchten Bodenbearbeitungssysteme waren ein I. Direktsaatverfahren als Kontrolle, II. eine Streifenbearbeitung bei Reihenkulturen (hier Mais) kombiniert mit einer flachen nicht-wendenden Bearbeitung bei Getreide, und III. eine flachen nicht-wendenden Bearbeitung. Das Jahr 2012/13 gilt als Etablierungsjahr, im Beitrag werden die Ergebnisse der ersten Fruchtfolgerotation (Versuchsjahre 2014 bis 2017) vorgestellt. Aufgrund der Größe des Versuches (ca. 14 ha) wurde die Randomisation gerichtet anhand von Bodenkarten vorgenommen, um Bodenunterschiede auszugleichen. Alle Kulturpflanzen standen in jedem Jahr. Die Düngung war einheitlich in allen drei Varianten, der Pflanzenschutz war systemangepasst, um insbesondere bei der Unkrautregulierung den Erfordernissen der Einzelsysteme gerecht werden zu können. Der Versuch wurde insgesamt mit Großtechnik ausgesät, gepflegt und geerntet.

Im Versuch wurden die Nitratgehalte im Boden im Frühjahr und im Herbst zu Beginn der Sickerwasserperiode, die Erträge und die N-Gehalte im Erntegut erfasst. Die Auswertung erfolgte im Statistikprogramm SAS mit einem gemischten Modell.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der ersten vollständigen Rotation zeigen bisher keine signifikanten Unterschiede im Ertrag und bei den Nitratgehalten im Boden zu Vegetationsbeginn und –ende in Abhängigkeit des Bodenbearbeitungssystems (Tabelle 1). Statistisch liegen beim Ertrag auch keine signifikanten Wechselwirkungen zwischen Ertrag und Kulturart vor, wenngleich Körnermais und Winterraps etwas stärker negativ auf die Direktsaat reagierten als Winterweizen (Daten nicht dargestellt).

Allerdings wurden deutliche Unterschiede in Abhängigkeit des Bodentyps festgestellt. Es ist davon auszugehen, dass die Fläche vor mindestens 800 bis 1000 Jahren in Kultur genommen wurde, und zu Beginn der In-Kulturnahme die gesamte Fläche mit einer Lössschicht > 200 cm überdeckt war. Auf den Kuppen ist mittlerweile die gesamte Lössschicht abgetragen worden. Diese Flächen weisen gegenüber den Teilflächen mit einer Zusammensetzung nahe dem Ausgangszustand (Parabraunerde aus Löss) eine Ertragseinbuße von ca. 20 % auf, während die kolluvialen Flächen keinen bzw. nur einen geringen Ertragsvorteil aus dem Lösszufluss zeigten. Vom Kolluvium profitierten v.a. die beiden Fruchtfolgefelder mit Winterweizen, diese zeigten zugleich die stärkste Ertragsreduktion durch die Bodendegradierung infolge Erosion (ca. 27 %). Winterraps dagegen reagierte am schwächsten auf die Bodendegradierung (Ertrag: - 7 %).

Tabelle 1: Durchschnittliche Erträge und Nitratgehalte im Boden in Abhängigkeit von Bodenbearbeitungssystem und Bodentyp

	MW Ertrag dt ha ⁻¹ (TM- korrigiert)	Ertrag relativ ¹⁾ (%)	Nitrat Frühjahr (kg N ha ⁻¹)	Nitrat Herbst (kg N ha ⁻¹)
Bodenbearbeitungssystem:				
Direktsaat	74,1	98	17,6	35,6
Streifensaat	75,6	101	15,8	31,2
Nicht-wendende BB	75,9	101	15,5	35,2
Bodentyp:				
Kolluvium	85,7	110	15,3	27,5
Parabraunerde aus Löss	80,0	110	17,9	41,9
Pararendzina aus Löss	70,4	95	17,9	37,2
Pararendzina über Keuper	74,8	100	19,3	36,1
(erodierte) Pararendzina aus Keuper	66,2	87	9,7	24,7

1) Berechnet auf Basis des Versuchsmittelwertes für jedes Fruchtfolgefeld im Einzeljahr (= 100 %).

Die Ergebnisse zeigen, dass im mehrjährigen Durchschnitt und mit entsprechenden Wissen und Technik keine relevanten Unterschiede im Ertrag und der Nitratauswaschungsgefahr zwischen den Bodenbearbeitungssystemen bestehen. Darüber hinaus wirkt sich die Erosion v.a. auf die Erträge von Winterweizen aus, am geringsten scheint Winterraps zu reagieren.

Literatur

Seiter, Chr., H. Flaig, K. Hartung et al. (2017): Pflanzenbauliche und bodenökologische Auswirkungen von Pflug-, Mulch- und Direktsaat. „Systemvergleich Bodenbearbeitung“ Abschlussbericht 2017. Verfügbar bei: www.ltz-bw.de.

Einfluss von Tiefenmelioration mit und ohne Komposteinbringung auf das Spross- und Wurzelwachstum von Sommergerste

Miriam Athmann^{1,2,3}, Timo Kautz^{3,4}, Hendrik Hoberg¹ und Ulrich Köpke³

¹Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Abteilung Agrarökologie und Organischer Landbau, Universität Bonn.

²Campus Klein-Altendorf, Rheinbach, Universität Bonn.

³Institut für Organischen Landbau, Universität Bonn.

⁴Albrecht-Daniel-Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Pflanzenbau, Humboldt-Universität zu Berlin.

E-Mail: mathmann@uni-bonn.de

Einleitung

Unterböden können beträchtliche Wasser- und Nährstoffreserven enthalten, die aber aufgrund hoher Eindringwiderstände oft schwer zugänglich sind. Mechanische Tiefenmelioration kann durch Förderung des Wurzelwachstums die Wasser- und Nährstoffverfügbarkeit erhöhen. In der vorliegenden Studie wird die Wirkung streifenweiser Tiefenlockerung mit und ohne Einmischung verschiedener Kompostsubstrate auf das Spross- und Wurzelwachstum von Sommergerste geprüft.

Material und Methoden

Auf einem tiefgründigen Lössboden (WRB: Haplic Luvisol) am Campus Klein Altendorf der Universität Bonn wurde 2017 und 2018 Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) in zwei benachbarten Feldversuchen mit jeweils drei Feldwiederholungen angebaut. Mit Ausnahme der Kontrolle (K) war im Herbst 2016 bzw. 2017 in den 3 m breiten Parzellen mittig jeweils ein 30 cm breiter Streifen bis in 60 cm Tiefe gelockert worden (Variante Tiefenlockerung TL), sowie zusätzlich Bioabfallkompost (TLB, 58 t ha⁻¹, 600 kg N ha⁻¹) oder Grünschnittkompost (TLG, nur 2018, 43 t ha⁻¹, 300 kg N ha⁻¹) 60 cm tief eingemischt worden. Zur Blüte wurden auf je 2x 0,25 m² im meliorierten Bereich sowie auf je 2x 0,25 m² im nicht meliorierten Bereich Sprosstrockenmasse und N-Aufnahme bestimmt. Die Wurzellängendichte (WLD) wurde mit der Profilwandmethode (Böhm, 1979) quantifiziert.

Ergebnisse und Diskussion

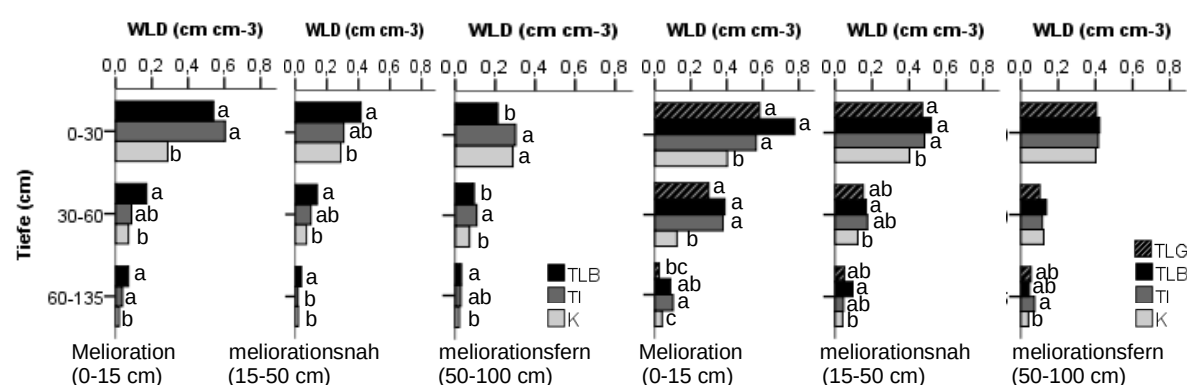


Abb. 1: Wurzellängendichten von Sommergerste 2017 und 2018 ohne (Kontrolle K) oder mit Tiefenlockerung (TL) sowie Tiefenlockerung mit Einmischung von Bioabfallkompost (TLB) oder Grünschnittkompost (TLG). Unterschiedliche Buchstaben: Signifikante Unterschiede in den Bodentiefenklassen 0-30, 30-60 und 60-135cm, $p < 0,05$ (Kruskal-Wallis-Test mit Dunn-Bonferroni-Test).

In beiden Versuchsjahren war die WLD innerhalb bzw. unter dem Meliorationsstreifen in allen Meliorationsvarianten erhöht (Abb. 1). Im

meliorationsnahen Bereich war die WLD im Unterboden in beiden Jahren nur in der Variante mit Bioabfallkompost erhöht. Bei einem Abstand > 50 cm zeigten sich kaum noch Effekte. Der Vergleich der beiden Versuchsjahre zeigt insgesamt höhere WLD, aber auch stärker ausgeprägte Effekte der Tiefenmelioration im sehr trockenen Jahr 2018.

Die Sprosstrockenmasse war in beiden Jahren unter dem Meliorationsstreifen tendenziell höher bei TLB, 2018 auch bei TL (Tab. 1). Im Trockenjahr 2018 erreichte TLB das Niveau der Kontrolle im Vorjahr, während alle anderen Varianten darunter lagen. Die N-Aufnahme war nur bei TLB im Vergleich zur Kontrolle erhöht.

Tab. 1: Sprossbiomasse und N-Aufnahme von Sommergerste 2017 und 2018 ohne (Kontrolle K) oder mit Tiefenlockerung (TL) sowie Tiefenlockerung mit Einmischung von Bioabfallkompost (TLB) oder Grünschnittkompost (TLG). Verschiedene Buchstaben: Signifikante Unterschiede (ANOVA mit Tukey-Test, $p < 0,05$). n.e.: nicht erfasst.

	50-100 cm Abstand				Melioration			
	K	TL	TLB	TLG	K	TL	TLB	TLG
2017 Sprosstrockenmasse [t ha⁻¹]	10,7	11,1	10,9	n.e.	10,7	11,5	12,2	n.e.
N-Aufnahme [kg ha⁻¹]	101,6	107,7	113,5	n.e.	101,6 b	97,9 b	148,5 a	n.e.
2018 Sprosstrockenmasse [t ha⁻¹]	8,2	7,6	7,6	7,0	8,2	9,3	10,0	8,7
N-Aufnahme [kg ha⁻¹]	70,9	43,3	77,1	54,1	70,9	57,8	113,6	70,1

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass mechanische Tiefenlockerung mit und ohne Komposteinmischung das Wurzelwachstum auch unterhalb und seitlich des meliorierten Streifens fördern kann. Sprossertrag und N-Aufnahme werden demgegenüber nur bei Einmischung von Kompost mit hohen N-Gehalten gefördert. Die Einmischung von Kompost als Nährstoff- und möglicherweise auch als Wasserspeicher scheint demnach geeignet, Wachstum und Ertragsbildung der Pflanzen insbesondere auch in Trockenphasen zu sichern. Regelmäßige Messungen während der Vegetationsperiode zeigten allerdings in beiden Jahren sehr hohe $N_{\min}$ -Gehalte unter den Meliorationsstreifen bei der Variante TLB, so dass Auswaschungsverluste angenommen werden müssen (Jakobs et al. 2019). Inwiefern die Komposteinmischung darüber hinaus dazu beitragen kann, die Wiederverdichtung nach der Tiefenlockerung zu vermeiden oder zumindest hinauszuzögern, werden die nächsten Versuchsjahre zeigen. Auch ist noch offen, ob andere Ackerkulturen, insbesondere Wintergetreide, in gleichem Maß von verbessertem Zugang zu tieferen Bodenschichten profitieren wie Sommergetreide, und ob die Förderung des Wurzelwachstums durch Tiefenlockerung auf Standorten mit geringerer Nährstoff- und Wasserspeicherkapazität stärker ertragswirksam wird.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung des Projekts Soil³ -- im Rahmen von Bonares.

Literatur

Böhm, W. (1979): Methods of Studying Root Systems. Springer, Berlin.

Jakobs, I., Schmittmann, O., Athmann, M., Kautz, T., Schulze Lammers, P. (2019): Crop response to deep tillage and incorporated organic fertilizer. *Agronomy* 9: 296, DOI: 10.3390/agronomy9060296

Vergleich von Verfahren der reduzierten Bodenbearbeitung im mitteldeutschen Trockengebiet

Reinhard Roßberg¹, Siv Ahlers¹ und Andreas Büchse²

¹DLG e.V. FZ Landwirtschaft, Frankfurt/M; ²Hochspeyer, E-Mail: r.rossberg@dlg.org

Einleitung

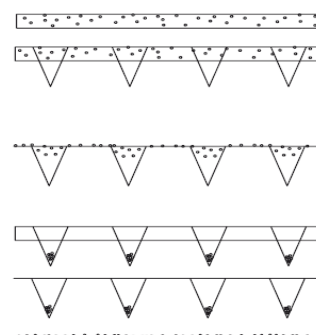
Die sich ändernden klimatischen Bedingungen stellen auch an die Landwirtschaft große Herausforderungen. Zunehmend führen ausgedehnte Trockenphasen zu reduziertem Pflanzenwachstum und Mindererträgen. Daneben gibt es häufiger Starkregenereignisse. Und so sind wassersparende Anbauverfahren gefragt, die dabei den Erosions- und Bodenschutz in höchstem Maße berücksichtigen. Vor diesem Hintergrund wurde im Jahr 2012 am Internationalen Pflanzenbauzentrum der DLG (IPZ) in Bernburg-Strenzfeld unter Federführung des DLG-Ausschusses für Ackerbau ein Langzeitversuch zur Untersuchung der Eignung reduzierter Bodenbearbeitungsverfahren im mitteldeutschen Trockengebiet angelegt.

Material und Methoden

Der gewählte Standort im Regenschatten des Harzes am Südrand der Magdeburger Börde ist als Löß-Schwarzerde mit durchschnittlicher Ackerzahl von 85 beschrieben und durch eine ausgeprägte Vorsommertrockenheit gekennzeichnet. Im langjährigen Mittel (1981-2010) fielen 511 mm Niederschlag. In den vergangenen Erntejahren lag die Niederschlagssumme um je 50-100 mm niedriger.

Der Versuch wurde als Spaltanlage auf insgesamt 12 ha angelegt. Die Fruchtart - in vierfeldriger Fruchtfolge *Winterraps-Winterweizen-Silomais-Winterweizen* - liegt hierbei in 4 Wiederholungen auf insgesamt 16 Großteilstücken. Der Faktor „Bodenbearbeitung und Grunddüngung“ liegt mit 6 Varianten in den Kleinteilstücken (Parzellengröße jeweils 18 x 47 m).

1. Mulchsaat alle Kulturen, (Standard)
2. Streifenbearbeitung (Strip-Till) bei Raps und Mais, Mulchsaat bei Getreide
3. Strip-Till für alle Kulturen, Getreide wird in Doppelreihe in die gelockerte Spur gedrillt
4. wie Verfahren 2, PK-Düngung zur Bodenbearbeitung in die Reihe
5. wie Verfahren 3, PK-Düngung zur Bodenbearbeitung in die Reihe
6. Direktsaat



Alle sonstigen pflanzenbaulichen Maßnahmen erfolgten standorttypisch mit praxisüblicher Technik. Die Reihenweite für die Strip-Till Bearbeitung betrug 50 cm. Der Weizen wurde als Doppelreihe mit 12,5 cm Reihenabstand in den gelockerten Streifen gedrillt. Untersucht wurden die langfristigen Effekte der Bodenbearbeitung und Düngerablage auf Ertrag und Qualität der Erntegüter sowie die Bodenstruktur und Nährstoffverteilung in der Krume.

In den Erntejahren 2016-2018 wurde zusätzlich innerhalb der Fruchtart Winterweizen ein Vergleich zwischen den Sorten *Patras* und *JB Asano* aufgenommen. Dabei wurde die Vorzüglichkeit der Sorten im jeweiligen Anbauverfahren geprüft. Hierfür wurden die Kleinteilstücke nochmals geteilt, so dass als Versuchsanlage in diesen drei Jahren eine dreifaktorielle Spalt-Spalt-Anlage resultierte.

Ergebnisse und Diskussion

Nach bislang fünf auswertbaren Erntejahren zeigen sich erste Tendenzen. Im Winterraps zeigen die Strip-Till Varianten im Vergleich zur Mulchsaat bei gleichem bis leicht erhöhten Kornertrag eine geringere Variabilität (letzteres gilt insbesondere für die Strip-Till-Varianten mit PK-Düngung in die Reihe, Abb. 1). Die Direktsaat weist auf Grund technischer Schwierigkeiten zu Versuchsbeginn einen geringeren Ertrag bei hoher Variabilität auf.

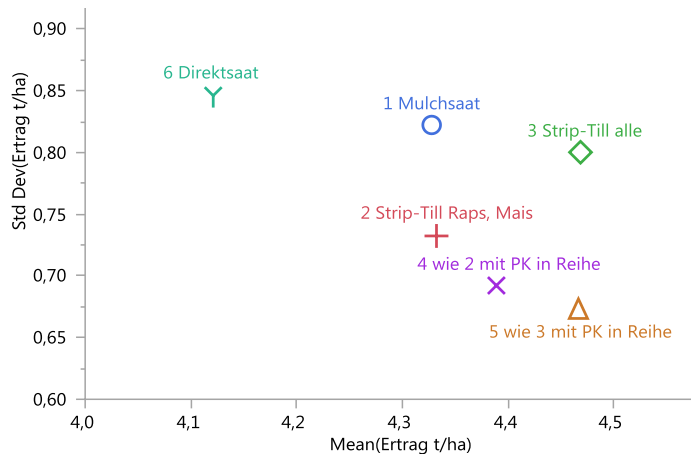


Abb. 1: Mittlerer Ertrag und Variabilität im Winterraps (2014-2018)



Abb. 2: Winterweizen in Mulchsaat (links) und Strip-Till (rechts)

Im Weizen zeigen sich positive Effekte der PK-Düngung in die Reihe zu Raps und Mais. Die Sorte *JB Asano* schien besser für die weiten Reihen im Strip-Till geeignet, während *Patras* in der Direktsaat Vorzüglichkeit zeigte.

Auch im Silomais zeigen die Strip-Till-Varianten im Vergleich zur Mulchsaat bei gleichem mittlerem Ertrag eine geringere Variabilität. Auch hier führten technische Schwierigkeiten zu Versuchsbeginn in der Direktsaat zu einem geringeren mittleren Ertrag bei hoher Variabilität.

Die bisherigen Ergebnisse und Erfahrungen im betrieblichen Ablauf zeigen, dass Strip-Till und Direktsaat auf einem Trockenstandort in Weizen, Raps und Mais erfolgreich umgesetzt werden können. In der Versuchslaufzeit bis zur Ernte 2020 sind neben der Ertragsermittlung noch weitere kausalanalytische Untersuchungen geplant.

Literatur

- Ahlers, S. & Rossberg, R. (2017): Erste Ergebnisse aus Bernburg, DLG-Mitteilungen 2/2017.
- Ahlers, S. (2018): Streifen gegen den Trockenstress? – Was kann das StripTill-System? Bauernzeitung 11/2018.

Biomasseabschätzung im Feldfutterbau mittels drohnengestützter RGB-Aufnahmen

Esther Grüner, Thomas Astor und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Universität Kassel, Witzenhausen
E-Mail: esther.gruener@uni-kassel.de

Einleitung

Als die genaueste, aber auch die arbeitsintensivste, Methode zur Ertragsabschätzung von Biomasse im Grünland und Futterbau gilt die destruktive Probenahme. Ein anderer Ansatz zur Ertragsabschätzung ist die Messung der Bestandeshöhe, welche positiv mit der Grünlandbiomasse korreliert (Fricke und Wachendorf, 2013). Traditionelle Höhenmessungen im Grünland werden mit einem Rising Plate Meter, welcher die komprimierte Bestandeshöhe bestimmt, oder mit einem einfachen Zollstock durchgeführt. Dennoch benötigen diese traditionellen Methoden eine erhebliche Anzahl an Messwiederholungen in Kombination mit einer gleichmäßigen räumlichen Verteilung für eine zuverlässige Ertragsabschätzung.

Eine neue Methode, um auch große Flächen schnell abzudecken, ist die Aufnahme von Rot-Grün-Blau (RGB)-Bildern durch eine hochauflösende Digitalkamera, welche an einer Drohne angebracht ist. Durch Structure-from-Motion (SfM), welches eine photogrammetrische Verarbeitung dieser digitalen Bilder in 3D-Punktwolken darstellt, können räumliche Informationen der Bestandeshöhe generiert werden. Bisherige Studien zeigen, dass ein Zusammenhang zwischen der Höheninformation aus RGB-Aufnahmen und der Biomasse in homogenen Getreidebeständen, wie Sommergerste (Bendig et al., 2014) und Winterweizen (Schirrmann et al., 2016), besteht.

Ziel dieser Studie ist die Bewertung einer Biomasseabschätzung über die Bestandeshöhe mittels drohnengestützter RGB-Aufnahmen in heterogenen Futterbaubeständen (Klee- und Luzernegras). Für einen direkten Vergleich der tatsächlichen Bestandeshöhe wurde die Zollstockmessung herangezogen und diese Methoden mit der destruktiven Biomasseentnahme verglichen. Darüber hinaus wurden von den Leguminosen-Grass-Mischungen die jeweilige Reinsaat an Leguminosen (100% Leguminosen) und Gras (0% Leguminosen) untersucht um das breite Spektrum des Leguminosenanteils in Praxisbeständen abzudecken.

Material und Methoden

Der Futterbauversuch wurde auf dem ökologisch bewirtschafteten Versuchsbetrieb der Universität Kassel in Neu-Eichenberg durchgeführt. Im Herbst 2016 erfolgte die Aussaat mit den Varianten Klee gras (KG) und Luzernegras (LG) sowie der jeweiligen Leguminosen- (L) und Gras-Reinsaat (G) in vierfacher Wiederholung. Im darauffolgenden Jahr wurden alle zwei Wochen und zu insgesamt vier Ernteterminen (17.05.17, 26.06.17, 08.08.17, 09.10.17) Biomasseproben für die Bestimmung des Trockenmasseertrags (TME; 105 °C) entnommen. Parallel dazu erfolgten manuelle Höhenmessungen mit einem Zollstock (50 Messungen pro Parzelle mit 15 m²) (Abbildung 1).

RGB-Aufnahmen wurden jeweils zeitnah vor der destruktiven Probenahme mit einer Drohne (DJI Phantom 3 Professional, Shenzhen, Guangdong, China) und der integrierten Kamera (12 Megapixel) durchgeführt. Für jeden Flug wurden die Aufnahmen mit 80% Überlappung in Form eines Gittermusters und in einer Höhe von 20 m aufgenommen. Für die anschließende Georeferenzierung der Bilder wurden die

Koordinaten von 8 schwarzweiße Zielmarken als Ground-Control-Points (GCPs) eingemessen.

Mit Hilfe einer SfM-basierten Bildverarbeitungssoftware (AgiSoft PhotoScan) wurden aus den RGB-Aufnahmen 3D-Punktwolken für ein digitales Oberflächenmodell (DSM) generiert. In einem weiteren Schritt wurde durch die Interpolation zwischen Punkten in den Wegen ein digitales Höhenmodell (DEM) des Bodens erstellt. Durch Subtraktion von DSM und DEM wurde die Bestandeshöhe berechnet. Die Bestandeshöhe der manuellen Höhenmessung (CH_Z) und der drohnen-gestützten RGB-Aufnahmen (CH_D) wurden als Schätzmaß für den Trockenmasseertrag (TME) herangezogen. TME wurde auf Normalverteilung und Varianzhomogenität geprüft und durch das Fehlen dieser Bedingungen wurzel-transformiert. Für die Vorhersagegenauigkeit der Ertragsmodelle wurde eine einfache Kreuz-Validierung durchgeführt.

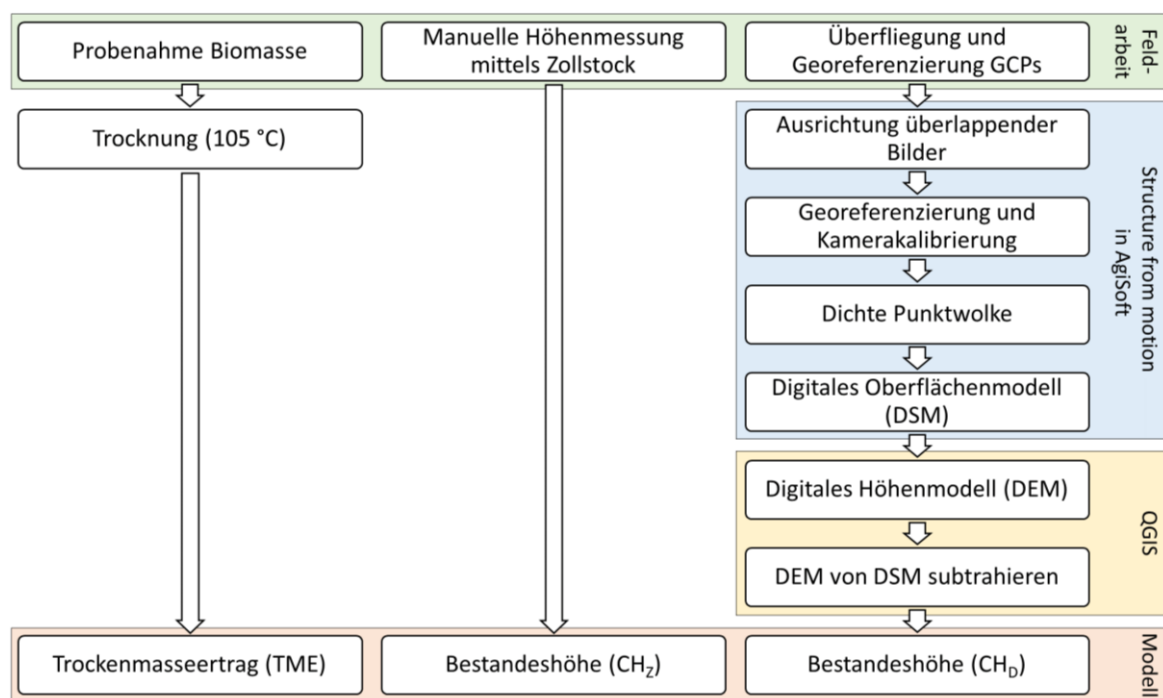


Abbildung 1: Workflow der Biomasseentnahme, der Höhenmessung mittels Zollstock und drohnen-gestützter RGB-Aufnahmen.

Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieses Versuchs war die Untersuchung und Bewertung der Beziehung zwischen Biomasseertrag und Höheninformationen aus RGB-Aufnahmen in einem heterogenen Futterbaubestand. In einem Zeitraum zwischen Mai und Oktober 2017 konnten je 10 Datensätze an TME, CH_Z und CH_D generiert werden. Da die Klee- und Luzernegrasbestände in verschiedenen Wachstumsphasen während der Vegetationszeit untersucht wurden, variierte der TME, CH_Z und CH_D stark. Besonders das Wachstum im 2. Schnitt wurde im Frühjahr stark von Trockenheit geprägt. Dies führte bei den Gräsern zu einer schnellen generativen Entwicklung mit überwiegend Ähren tragenden Halmen, an denen wenige schmale Blätter inseriert waren.

Insgesamt befanden sich die Höhenwerte von CH_Z zwischen 9.42 und 89.54 cm und CH_D zwischen 1.01 und 71.06 cm (Abbildung 2a). Im Durchschnitt über alle Daten ist CH_D mehr als 4 cm niedriger als CH_Z . Bei einem Vergleich der beiden

Messmethoden zeigte die Korrelation ein R^2 von 0.56 mit einem RMSE von 13.39 cm. Auffällig waren die einzelnen überhöhten Werte seitens CH_Z für den 2. Schnitt der reinen Grasbestände (Abbildung 2a). Wurden bei der Regressionsanalyse in der vorliegenden Studie die Gräser-Daten des 2. Schnittes ausgeschlossen (Abbildung 2b), zeigte sich eine Verbesserung der Korrelation ($R^2 = 0.70$, RMSE = 10.32 cm). Da manuelle Höhenmessungen nur für eine begrenzte Anzahl von Punkten im Bestand durchgeführt werden können, ist diese Methode empfindlicher gegenüber einzelnen hervorstechenden Trieben (Grüner et al. 2019).

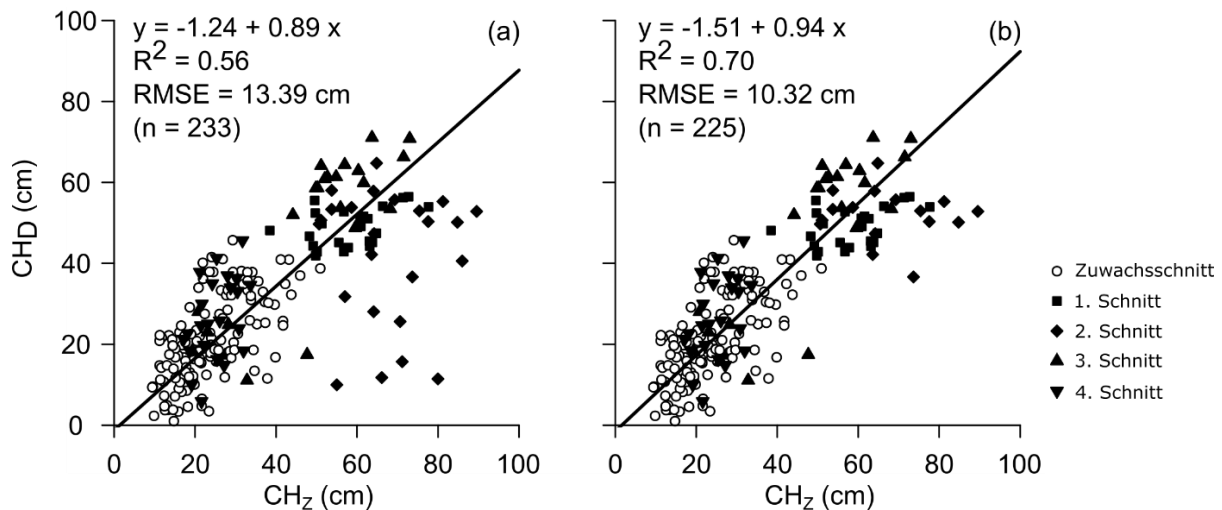


Abbildung 2: Korrelation zwischen den Bestandeshöhen ermittelt mittels manueller Höhenmessung (CH_Z) und drohnengestützter RGB-Aufnahmen (CH_D) während der Vegetationsperiode, unterschieden zwischen Zuwachsschnitten und den vier Schnitten mit dem vollständigen Datensatz (a) und dem Datensatz ohne Daten der Gras-Reinsaat des 2. Schnittes.

Um das breite Spektrum des Leguminosenanteils abzudecken (d. h. 0-100%) wurden die Modelle mit der Mischung und den jeweiligen Reinsaaten an Leguminosen und Gras mit CH_D als Schätzmaß für TME (Abbildung 3) erstellt. Dabei konnte der TME für Klee gras (Abbildung 3a) besser modelliert werden ($R^2_{cal} = 0.75$, $rRMSE_{val} = 17\%$) als Luzerne gras (Abbildung 3b) ($R^2_{cal} = 0.64$, $rRMSE_{val} = 17\%$). Die Unterschiede in der Qualität der Ertragsmodelle könnte in morphologischen Unterschieden zwischen Klee und Luzerne begründet sein (Blattstellung, vertikale und horizontale Verteilung). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass drohnengestützte RGB-Aufnahmen aufgrund des Flächenbezugs und der Position der Kamera auch für Extremwerte in der Reinsaat des Grases geeignet waren. Zudem stellen RGB-Aufnahmen mittels Drohnen eine praktikable, ressourcenschonende Alternative zur zeitaufwendigen manuellen Höhen- oder Ertragsabmessung dar. Zukünftig soll evaluiert werden, ob die Hinzunahme multispektraler Informationen die Vorhersage von Ertrag und Qualität in heterogenen Futterbaubeständen weiter verbessern kann.

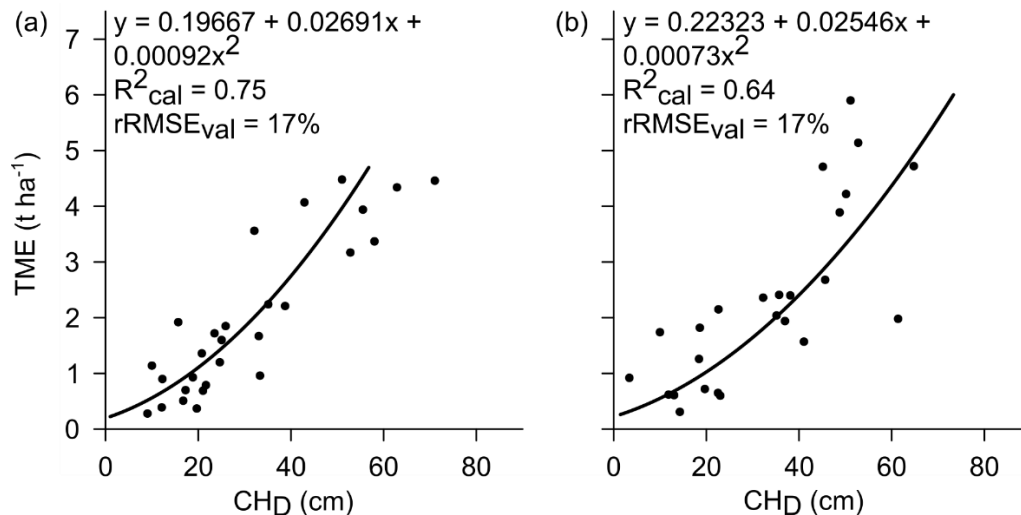


Abbildung 3: Leguminosen-spezifische Regressionsmodelle des Kalibrierungsdatensatzes (80%) mit dem Validierungsdatensatz (20%) für den Trockenmasseertrag (TME) ermittelt aus der Bestandeshöhe mittels drohnen-basierten RGB-Aufnahmen (CH_D). Zum besseren Verständnis wurde TME auf die ursprüngliche Skala rücktransformiert. Modelle für Klee-(a) und Luzernegrass (b) umfassen sowohl die jeweilige Mischung als auch die entsprechende Leguminosen- und Gras-Reinsaat. R^2_{cal} = Bestimmtheitsmaß der Kalibrierung; $r\text{RMSE}_{\text{val}}$ = relativer Root Mean Square Error der Validierung (berechnet mit wurzel-transformierten Daten).

Literatur

- Bendig, J.; Bolten, A.; Bennertz, S.; Broscheit, J.; Eichfuss, S.; Bareth, G. (2014): Estimating Biomass of Barley Using Crop Surface Models (CSMs) Derived from UAV-Based RGB Imaging. In: Remote Sensing 6 (11), S. 10395–10412.
- Fricke, T.; Wachendorf, M. Combining ultrasonic sward height and spectral signatures to assess the biomass of legume–grass swards. Comput. Electron. Agric. 2013, 99, 236–247.
- Grüner, E, Astor, T, Wachendorf, M (2019): Biomass Prediction of Heterogeneous Temperate Grasslands Using an SfM Approach Based on UAV Imaging. Agronomy 9 (54): 1-16
- Schirrmann, M.; Giebel, A.; Gleiniger, F.; Pflanz, M.; Lentschke, J.; Dammer, K.-H. (2016): Monitoring Agronomic Parameters of Winter Wheat Crops with Low-Cost UAV Imaging. In: Remote Sensing 8 (9), S. 706.

Design and assessment of legume-supported cropping systems

Moritz Reckling^{1,2}

¹Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg; ²Department of Crop Production Ecology, Swedish University of Agricultural Sciences (SLU), Uppsala.
E-Mail: moritz.reckling@zalf.de

Introduction

Crop production in Europe is intensive, specialised and responsible for negative environmental impacts (1). The combined effect of the intensification of livestock farming with political support for cereal production and imported soybean led to a 71 % deficit in high-protein crop commodities in Europe in 2016 (2).

While grain legumes were grown on 14.5 % of the global arable cropped area in 2014, they were grown on only 1.5 % in Europe (2). Although forage legumes were grown on larger areas their potential is not yet sufficiently utilized (3). Relative to cereals, grain legumes have relatively low yield levels and low yield stability as estimated from national yield data (4). A low market value compared to imported soybean products make growing of grain and forage legumes less profitable than cereals in current supply chains (5). Farmers and experts hold low temporal yield stability, intensification of farms on few crops, unpredictable policy support, and lack of awareness of the positive rotational effects of legumes at the cropping system scale responsible for the low proportion of grain legumes (6).

The integration of grain and forage legumes into agricultural systems has been identified as a way to increase its sustainability and the increased consumption of legume-rich diets will provide health benefits for humans and livestock (7).

While the general benefits and limitations of grain and forage legume cultivation in Europe have been reviewed extensively e.g. by Watson, *et al.* (2) and Phelan, *et al.* (3), these reviews have mostly focused on single crops and an annual perspective. An integrated assessment of legume-supported cropping systems including agronomic, environmental and economic factors is needed to *design* novel systems and assess their impacts. Such a systems perspective will allow assessing the opportunities and challenges of legumes relative to each other and identifying avenues for an intensification of legume production in European agriculture.

The objectives of this study were, to (i) develop a cropping system assessment framework considering crop rotations and rotational effects, (ii) assess the economic and environmental effects of integrating legumes into cropping systems across Europe, (iii) develop a novel method to quantify yield stability such that dependence from the mean yield is removed, (iv) assess whether yields of grain legumes are more or less stable than those of other crops using data from international long-term field experiments, and (v) describe and explain farmers' perceived constraints and opportunities for grain legume production, explore technical options at the field scale and re-design cropping systems using participatory methods in agronomy.

Materials and Methods

A modelling framework was developed (objective i) to design cropping systems and to assess economic and environmental impacts of integrating legumes into cropping systems and evaluate trade-offs (objective ii). With the developed static and rule-based framework, it is possible to assess the impacts of cropping systems on a set of environmental and economic indicators taking rotations and differences in crop management into account (8). The framework follows three main steps: 1) generate crop rotations using a rule-based rotation generator, 2) calculate the impact of crop

production activities using static environmental and economic indicators, and 3) assess and compare cropping systems. The indicators were used in multi-criteria analyses for the identification of trade-offs between economic and environmental indicators when integrating legumes into cropping systems (9).

For the assessment of yield stability a new scale-adjusted coefficient of variation (aCV) was developed based on Taylor's Power Law (TPL) that removes the potential dependence of the standard coefficient of variation (CV) on the mean yield (objective iii) and is described in detail by Döring and Reckling (10). It was applied to quantify yield stability of grain legumes and other species (objective iv) using data from five international long-term experiments (LTE) across Northern Europe (11).

To re-design legume-supported cropping systems, a participatory process with 25 farms, advisors and scientists was implemented that were associated with two large grain legume demonstration networks, the soybean network and the lupin network (12). Farmers participated in regular monitoring of their fields and activities and explored alternative practices through testing technical options at field scale in on-farm experiments with narrow-leaved lupin as an already well established crop in the region and soybean as a potential novel crop. A combination of on-farm research, crop rotation modelling, and on-station experiments were implemented applying the four steps of the DEED research cycle (Describe, Explain, Explore and Design) following Giller, *et al.* (13).

Results and Discussion

The developed framework allows a systematic evaluation of the impacts of cropping systems taking rotational effects into account. In five case study regions, large numbers of cropping system were generated and compared to quantify differences in environmental and economic impacts between systems. On average, cropping system with legumes reduced N₂O emissions by 18 % and 33 % and N fertilizer use by 24 % and 38 % in arable and forage systems, respectively, compared to systems without legumes (Table 1). Nitrate leaching was similar with and without legumes in arable systems and reduced by 22 %, on average, in forage systems. Reduced N₂O emissions can be mainly explained by the lower amounts of applied N fertilizers (14). Lower N fertilization also reduces the risk of nitrate leaching especially when combined with cover crops (15). On average gross margins were lower in arable systems compared to systems without legumes, while gross margins were similar or larger in mixed systems (Table 1) due to a high feed value of forage legumes (3).

Table 1. Environmental and economic impacts (relative and range in %) of introducing legumes into arable and mixed cropping systems in five case studies across Europe

Indicators	Arable systems		Mixed systems	
	Mean effect (%)	Range (%)	Mean effect (%)	Range (%)
N ₂ O emissions	-18	-12 to -30	-33	-23 to -52
N-fertilizer use	-24	-17 to -40	-38	-27 to -58
Nitrate-N leaching	-7	-24 to +3	-22	-50 to +5
Gross margins	-14	-73 to +29	+21	0 to +62

When the CV as the standard yield stability indicator was tested for the presence of a TPL-relationship it was found to be negatively and significantly correlated with yield in all tested data sets e.g. for the yield data from five LTEs with an adjusted R² = 0.21 and P < 0.001. While the CV was dependent on mean yield, the aCV obtained by applying TPL was independent of yield in all tested data sets, showing that this new indicator can be used to estimate yield stability independent of the mean for different

applications. Yield instability estimated with the aCV of grain legumes (30 %) was higher ($P < 0.001$) than that of autumn-sown cereals (19 %), but lower ($P < 0.001$) than that of other spring-sown broad-leaved crops (35 %), and only slightly greater ($P = 0.042$) than that of spring-sown cereals (27 %) (Figure 1).

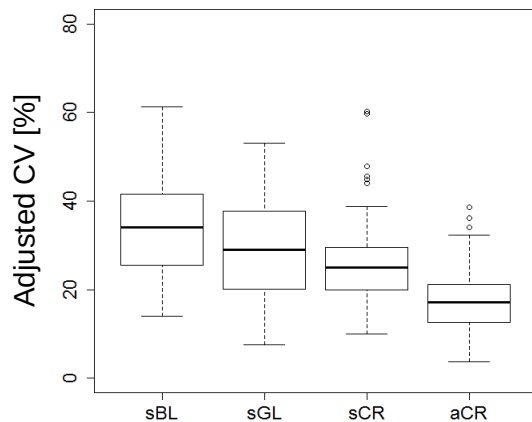


Figure 1. Yield stability of different crop groups estimated with the adjusted coefficient of variation (aCV). Comparison between spring-sown broad-leaved crops (sBL) (n=75), spring-sown grain legumes (sGL) (n=100), spring-sown cereals (sCR) (n=117) and autumn-sown cereals (aCR) (n=158).

In a co-design process, we identified a set of nine agronomic practices that were either novel or confirming known strategies under new conditions, to re-design grain legume cropping systems at the field and farm level. The practices included, (i) hoeing between rows, (ii) direct seeding into a cover-crop, (iii) inoculation, (iv) cover crops to reduce leaching, (v) reduced tillage, (vi) soybean for large gross margins, (vii) cultivars for food and feed use, (viii) flexible irrigation, and (ix) grain legumes with cover crops to enhance subsequent crop yields. To intensify legume production, we identified the need of complementing knowledge on farmers' perceptions (Describe step) with formal knowledge from classical on-station experiments and modelling (Explain step) with on-farm research including the local views of farmers (Explore step) to identify tailored options for specific farm contexts (Design step) (Figure 2).

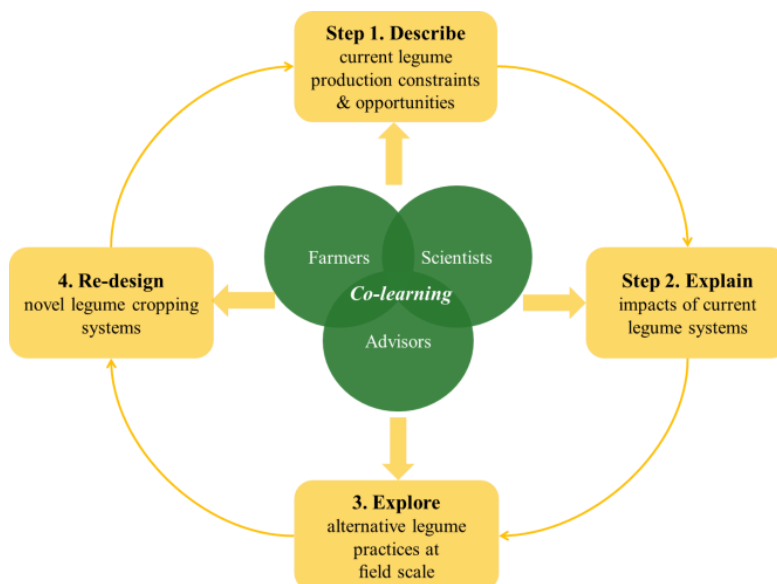


Figure 2. Different steps of the DEED research cycle, the contribution of crop rotation modelling, on-station and on-farm research, and the role of co-learning in this study.

This approach therefore contrasts to traditional approaches that are often solely participatory and qualitative or model/experimental-based and quantitative (16). Hence our results provide new insights into how to re-design cropping systems with grain legumes using a combination of approaches. These novel findings can be used as a starting point for further adaptations of cropping systems and contribute to making grain legume production economically and environmentally more sustainable.

Conclusions

Legumes can provide both economic and environmental benefits, the instability of yields is similar to other spring crops when evaluated with robust statistical methods and that cropping systems can be re-designed effectively in a co-learning process with farmers. The results contribute to the sustainable intensification of European agricultural systems considering productivity and eco-system services.

Acknowledgements

I like to thank my PhD supervisors, Gröan Bergkvist, Christine Watson, Fred Stoddard and Johann Bachinger, and all co-authors from the manuscripts, especially Thomas Döring, for the support, and the funding through the EU projects Legume Futures, Climate-CAFE, INNISOY, and the German soybean and lupin networks.

References

1. Clark M & Tilman D (2017) Comparative analysis of environmental impacts of agricultural production systems, agricultural input efficiency, and food choice. *Environmental Research Letters* 12(6):064016.
2. Watson C, et al. (2017) Grain legume production and use in European agricultural systems. *Advances in Agronomy* 144(1):235-303.
3. Phelan P, et al. (2015) Forage legumes for grazing and conserving in ruminant production systems. *Crit Rev Plant Sci* 34.
4. Cernay C, et al. (2015) Estimating variability in grain legume yields across Europe and the Americas. *Scientific Reports* 5:11171.
5. Meynard J-M, et al. (2018) Socio-technical lock-in hinders crop diversification in France. *Agronomy for Sustainable Development* 38(5):54.
6. Zander P, et al. (2016) Grain legume decline and potential recovery in European agriculture: a review. *Agronomy for Sustainable Development* 36(2):26.
7. Foyer CH, et al. (2016) Neglecting legumes has compromised human health and sustainable food production. *Nature plants* 2:16112.
8. Reckling M, et al. (2016) A cropping system assessment framework - evaluating effects of introducing legumes into crop rotations. *European Journal of Agronomy* 76:186-197.
9. Reckling M, et al. (2016) Trade-offs between economic and environmental impacts of introducing legumes into cropping systems. *Frontiers in Plant Science* 7:669.
10. Döring TF & Reckling M (2018) Detecting global trends of cereal yield stability by adjusting the coefficient of variation. *European Journal of Agronomy* 99:30-36.
11. Reckling M, et al. (2018) Grain legume yields are as stable as other spring crops in long-term experiments across northern Europe. *Agronomy for Sustainable Development* 38(6):63.
12. Reckling M, et al. (under review) Re-designing organic grain legume cropping systems using systems. *European Journal of Agronomy*.
13. Giller KE, et al. (2011) Communicating complexity: Integrated assessment of trade-offs concerning soil fertility management within African farming systems to support innovation and development. *Agric. Syst.* 104(2):191-203.
14. Rees RM, et al. (2012) Nitrous oxide emissions from European agriculture; an analysis of variability and drivers of emissions from field experiments. *Biogeosciences Discussions* 9(7):9259-9288.
15. De Notaris C, et al. (2018) Nitrogen leaching: A crop rotation perspective on the effect of N surplus, field management and use of catch crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 255:1-11.
16. Falconnier GN, et al. (2017) Co-learning cycles to support the design of innovative farm systems in southern Mali. *European Journal of Agronomy* 89:61-74.

Yield advantage, nutrient use efficiency and bioactive compounds of buckwheat as influenced by organic fertilizer under intercropping with fenugreek

Aliyeh Salehi^{*1,2}, Sina Fallah¹, Karin Zitterl-Eglseer³ and Hans-Peter Kaul²

¹Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

²Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, Austria

³Institute of Animal Nutrition and Functional Plant Compounds, Department for Farm Animals and Veterinary Public Health, University of Veterinary Medicine Vienna, Veterinärplatz 1, 1210 Vienna, Austria

*E-Mail corresponding author: aliyeh.salehi@boku.ac.at

Introduction

There is an increasing interest to diversify agricultural production systems in order to enhance several valuable eco-agricultural objectives, such as to produce sufficient food and feed, to obtain better crop protection, to increase biodiversity and to meet the requirements of sustainable intensification. Best agricultural management practices implemented in agricultural production systems can help to achieve efficient crop nutrient use as well as improve crop diversity in the landscape. A relatively new intercropping system is a cereal intercropped with a leguminous medicinal plant, such as fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.), which possesses multiple uses for food, feed and health. Medicinal plants, such as fenugreek, not only provide an important contribution to human health, they also can improve the soil fertility by increasing N available for plant uptake through biological fixation (Dadrasan 2015). On the other hand, one of the most important functional foods and traditional medicine worldwide is common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) (Lee et al., 2016). In recent years, common buckwheat is gaining interest in the development of new food products due to health-promoting, biofunctional properties and its high nutritional value, natural antioxidants, high levels of flavonoids (especially rutin), and vitamins and minerals (Dziadek et al., 2016, Lee et al., 2016).

Soil nutrient management is an important practice to achieve high yields, nutrient use efficiency and high-seed quality from both sole and intercropping (Salehi et al., 2018 a,b). Therefore application of fertilizers to obtain an optimal yield is essential. Applying high rates of chemical fertilizer to increase growth and yield will not only lead to increased production costs, but may also lead to environmental pollution and a reduction of soil health (Ahmadian et al., 2011). In order to decrease chemical fertilizer inputs while keeping crop yields high, ecosystem functions (i.e. nutrient cycling) that are disturbed must be restored (Damour et al., 2012). One important strategy for this is to use fertilizer alternatives, such as manure or other organic amendments (Salehi et al., 2017, 2018 a,b). Organic fertilizers release nutrients over time due to not only their high content of micronutrients and minerals but also their slower release and therefore longer lasting availability. Another strategy for maintaining soil quality and fertility, including the adequate application of crop nutrients, is through the application of integrated fertilizers, e.g. combined animal manure with chemical fertilizers (Alizadeh et al. 2012). Intercrops and organic fertilizers can enhance the productivity of cropping systems and seed quality due to increased soil nutrient availability and plant nutrient use efficiency (Salehi et al., 2018a, b).

To the best of our knowledge, for a fenugreek-buckwheat intercropped system little information on yield advantage, biomass production, nutrient use efficiency and bioactive compounds composition of buckwheat seeds is available with the

application of organic and chemical fertilizers. Therefore we hypothesized that application of organic fertilizer can improve the quantity and quality of seeds in both buckwheat sole and intercrops compared to chemical fertilizer. Hence, the objectives of this study were to: (i) compare the application of different fertilizer types on N and P uptake of the sole and intercropped plants, (ii) compare biomass and seed production of the sole and intercrops plants, (iii) calculate competitive nutrient/seed land equivalent ratios (LER) of intercropped buckwheat, and (iv) analyse antioxidant activity, i.e. DPPH, and the main flavonoid compound content, i.e. rutin, of buckwheat seeds.

Material and Methods

A two-year field experiment was performed in Shahrekord University, Iran to determine the effects of different intercropping ratios and fertilizer types on the above- mentioned traits at semi-arid condition. The treatments consisted of sole cropping of buckwheat (B), fenugreek (F), and three intercropping ratios (F:B = 1:2, 1:1 and 2:1) under three fertilizer types: chemical fertilizer (CF), integrated fertilizer (IF) and broiler litter (BL). For determination of bioactive compounds content, seed subsamples of buckwheat were analyzed at the Institute of Animal Nutrition and Functional Plant Compounds, University of Veterinary Medicine Vienna, Austria. A comprehensive information of experimental set-up, management, sampling and measurements of productivity, nutrient use efficiency, land equivalent ratios and bioactive compounds is provided in Salehi et al. (2017) and Salehi et al. (2018a,b).

Results and discussion

Our results showed that intercropping increased total above-ground dry matter, total seed yield, LER, nitrogen and phosphorus uptake. The highest applied N use efficiency and applied N recovery efficiency were found in intercropping. The buckwheat seeds grown in intercropping had higher antioxidant activity measured by DPPH assay and higher rutin content than with sole cropping. Productivity, nutrient parameters and bioactive compound were affected when grown in intercropping systems compared to the sole crops with best results for a higher share of fenugreek (67%) in intercrops. The results showed that when IF and BL were applied, the total above-ground dry matter, total seed yield, LER, nutrient use efficiency and tested antioxidant activity and flavonoids in sole and intercrops were significantly higher compared to CF application under semi-arid growing conditions.

One reason for the higher seed quantity and quality with increasing share of fenugreek may be that there is more N available through N-fixation as fenugreek is a legume. A higher amount of each tested compound with both IF and BL compared with mineral fertilizer could be the result of several factors, such as the effect of broiler litter supplying more nutrients over the growing season for plant growth and seed filling. Also advantages of intercropping cereals with legumes are attributed to a more efficient utilization of resources such as nitrogen. According to Salehi et al. (2018 b), adding poultry manure to chemical fertilizers provides an optimum balance between N and P in the calcareous soils of the study site for optimum seed quality and quantity.

Generally, these results are of great interest for buckwheat producers, especially in semiarid areas. Buckwheat seeds grown in intercropping with fenugreek under integrated fertilizer or broiler litter application achieve high productivity and high concentrations of phenolic compounds and antioxidant activity, making them an important source of functional and medicinal food products with great advantages for health and nutrition.

References

- Ahmadian, A., Ghanbari, A., Siahshar, B., Haydari, M., Ramroodi, M., Mousavinik, S. M., 2011. Study of chamomile's yield and its components under drought stress and organic and inorganic fertilizers using and their residue. *J. Microbiol. Antimicrob.* 3, 23-28.
- Alizadeh, P., Fallah, S., Raiesi, F., 2012. Potential N mineralization and availability to irrigated maize in a calcareous soil amended with organic manures and urea under field conditions. *Int. J. Plant Prod.* 6, 493-512.
- Dadrasan, M., Chaichi, M.R., Pourbabaei, A.A., Yazdani, D., Keshavarz-Afshar, R., 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. *Ind. Crop Prod.* 77, 156-162.
- Damour, G., Ozier-Lafontaine, H., Dorel, M., 2012. Simulation of the growth of banana (*Musa* spp.) cultivated on cover-crop with simplified indicators of soil water and nitrogen availability and integrated plant traits. *Field Crops Res.* 130, 99-108.
- Dziadek, K., Kopeć, A., Pastucha, E., Piątkowska, E., Leszczynska, T., Pisulewska, E., Witkowicz, R., Francik, R., 2016. Basic chemical composition and bioactive compounds content in selected cultivars of buckwheat whole seeds, dehulled seeds and hulls. *J. Cereal Sci.* 69, 1-8.
- Lee, L.-S., Choi, E.-J., Kim, C.-H., Sung, J.-M., Kim, Y.-B., Seo, D.-H., Choi, H.-W., Choi, Y.-S., Kum, J.-S., Park, J.-D., 2016. Contribution of flavonoids to the antioxidant properties of common and tartary buckwheat. *J. Cereal Sci.* 68, 181-186.
- Salehi, A., Fallah, S., Kaul, H.-P., Zitterl-Eglseer, K., 2018a. Antioxidant capacity and polyphenols in buckwheat seeds from fenugreek/buckwheat intercrops as influenced by fertilization. *J. Cereal Sci.* 84, 142-150.
- Salehi, A., Fallah, S., Kaul, H.-P., 2017. Broiler litter and inorganic fertilizer effects on seed yield and productivity of buckwheat and fenugreek in row intercropping. *Arch. Agron. Soil Sci.* 63, 1121-1136.
- Salehi, A., Mehdi, B., Fallah, S., Kaul, H.-P., Neugschwandtner, R.W. 2018b. Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. *Nutr. Cycl. Agroecosys.* 110 (3), 407-425.

No-tillage silage maize (*Zea mays* L.) in ley-arable systems – Crop performance and environmental effects under maritime climates

Inger Julia Struck¹, T. Reinsch¹, C. Kluß¹, A. Herrmann², R. Loges¹ und F. Taube¹

¹CAU - Abteilung Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Kiel; ²Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen, Bad Hersfeld. E-Mail: istruck@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Silomais ist in Deutschland die wichtigste Futter- und Substratpflanze in der intensiven geführten Milchviehhaltung und Biogaserzeugung. Die Flächenausdehnung zur Deckung der steigenden Nachfrage nach Biomasse aus Mais erfolgte in den letzten Jahren häufig auf fakultativen Grünlandstandorten. Vor dem Hintergrund des Klimaschutzes und einer nachhaltigen landwirtschaftlichen Produktion sind die hohen Nährstoffverluste, die mit einer konventionellen, praxisüblichen Grünlandumnutzung hin zu einer Ackernutzung einhergehen jedoch ebenso kritisch zu betrachten wie daraus resultierende langjährige Maisselbstfolgen auf dem Acker. Insbesondere eine Grünlandumnutzung in Kombination mit konventioneller Pflugbodenbearbeitung fördert verstärkt die Mineralisation der organischen Bodensubstanz und resultiert in hohen CO₂-Emissionen und langfristig massiver Humusdegradation (GUO & GIFFORD 2002; POEPLAU & DON 2013). Es ergibt sich eine Notwendigkeit alternative Produktionssysteme aufzuzeigen, mit denen die Bodenfruchtbarkeit auf Ackerstandorten verbessert, der Stickstoffeinsatz minimiert und gleichzeitig ausreichend energie- und proteinreiches Futter für eine intensive Milchviehwirtschaft produziert werden kann. Die sogenannten ‚ley systems‘ stellen eine solche Möglichkeit dar, in dem sie auf Ackerstandorten ein Rotationssystem aus mehrjährigem Ackergras bzw. Klee gras gefolgt von Silomais verbinden.

Zusätzlich stellt neben dem Rotationsanbau von Grünland und Mais eine reduzierte bzw. unterlassene Bodenbearbeitung eine gute Möglichkeit dar, positive Koppelwirkungen wie den Nährstofftransfer zwischen den Fruchtfolgegliedern zu verbessern. Der vollständige Verzicht der Bodenbearbeitung im Direktsaatverfahren sorgt für einen Verbleib von Stoppeln und Altwurzeln auf der Bodenoberfläche und im Oberboden (LAL et al. 2007), trägt so zur Stabilisierung des Bodengefüges bei und reduziert zudem Erosionsprozesse. Gleichzeitig wird die Evapotranspiration durch die Mulchschicht reduziert und so die pflanzenverfügbare Wassermenge im Boden erhöht, was sich vor allem in ariden und semiariden Gebieten positiv auf die Ertragsleistung auswirkt (TRIPLETT & DICK 2008). Unter den Bedingungen Norddeutschlands, wo in den meisten Fällen auf den besseren Standorten eine ausreichende Wasserversorgung gegeben ist, kann das Direktsaatverfahren allerdings auch die Jugendentwicklung von Maispflanzen und damit die Ertragsleistung negativ beeinflussen. Ergebnisse hinsichtlich einer Gesamtbewertung von Leistungs- und Umwelteffekten von Direktsaatverfahren im Maisanbau unter Berücksichtigung der Vorrucht Grünland liegen allerdings unter maritimen Klimaten bisher nicht vor.

Im Sinne der ökologischen Intensivierung war es daher das Ziel der vorliegenden Arbeit das Verfahren der Direktsaat von Silomais im Verlauf zweier Versuchsjahre nach einem Grünlandumbruch zu untersuchen und sowohl die Ertragsleistung als auch die damit verbundenen Umweltwirkungen (THG-Emissionen, Nitratauswaschung) durch Veränderungen des Boden-Kohlenstoff- und Stickstoffpools zu quantifizieren.

Material und Methoden

Basis der Arbeit bildete ein zweijähriger Feldversuch (April 2015 - März 2017) angelegt im östlichen Hügelland von Schleswig-Holstein auf dem Versuchsgut Hohenschulen. Auf dem Standort, der durch die Bodenart sandiger Lehm gekennzeichnet ist, wurde ein 10 Jahre alter Dauergrünlandbestand nach Totalherbizideinsatz mittels Direktsaat (MD) mit Silomais bestellt und mit einer konventionellen Mais-Pflugsaat (MP) sowie einer Grünland-Kontrollvariante (GL) verglichen. Die Vorfrucht wurde als „worst-case-Szenario“ ausgewählt, um das Potential des Direktsaatverfahrens ausreichend abbilden zu können. Alle Varianten lagen in zwei N-Düngeintensitäten in der randomisierten Spalt-Versuchsanlage vor (N0: 0 kg N ha⁻¹; N1: 90 kg N ha⁻¹ für MD, MP; 380 kg N ha⁻¹ GL). Neben der ober- und unterirdischen Biomassebildung, sowie der Spross- und Wurzelmorphologie, wurden auch die Veränderungen des Kohlenstoff-(C) und Stickstoff-(N)Pools im Boden mit Hilfe regelmäßiger Beprobung erfasst. Für die Quantifizierung der C-Diskriminierung durch die Maisresiduen wurden die unterschiedlichen Isotopensignaturen (¹²C/¹³C) im Oberboden nach Abschluss der Untersuchungen untersucht. Die durch Grünlandumnutzung auftretenden Verluste in Form von Treibhausgas (THG)-Emissionen (CO₂, N₂O, CH₄) und N-Auswaschung (NO₃⁻) wurden zum einen mittels kammer-basierten Methoden (HUTCHINSON & MOSIER (1981) und DRÖSLER (2005)) sowie zum anderen über keramische Saugkerzen erfasst. Unter der Berücksichtigung von C-Exporten über das Erntegut wurden C- und THG-Bilanzen berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die zweijährigen Versuchsergebnisse zeigen eine deutliche Überlegenheit des Silomaises gegenüber der Grünlandkontrolle hinsichtlich der oberirdischen Ertragsleistung. In Abhängigkeit von der Düngung und den zwei Versuchsjahren lagen die Erträge im Grünland zwischen 5-15 t Trockenmasse (TM) ha⁻¹ während die Erträge der beiden Maisaussaatverfahren zwischen 14 und 23 t TM ha⁻¹ lagen (Abb. 1). Der hohe Vorfruchtwert führte zu einer hohen N-Nachlieferung in beiden Aussaatverfahren aus den Pflanzenresiduen sowie der organischen Bodensubstanz und dadurch zu hohen N-Erträgen von über 180 kg N im ersten Versuchsjahr. Die zusätzliche Applikation von 90 kg N ha⁻¹ führte zu keinem Mehrertrag. Lediglich im zweiten Versuchsjahr zeigte die ungedüngte Direktsaatvariante einen deutlichen Ertragsrückgang, welcher sich durch eine reduzierte N-Freisetzung aus der organischen Substanz erklären lässt. Das Direktsaatverfahren zeigte in der gedüngten Variante keine Ertrags- und Qualitätsunterschiede gegenüber der Pflugsaat. Die Energiegehalte lagen in beiden Aussaatverfahren bei > 6.5 MJ NEL kg TM⁻¹ in beiden Versuchsjahren.

Hinsichtlich der produzierten Wurzelbiomasse, der Wurzelmorphologie und des resultierenden C-Eintrags zeigte sich kein Unterschied zwischen den beiden Aussaatverfahren im Silomaisanbau, jedoch beim Grünland ein deutlich höherer Wurzelanteil im Verhältnis zur gebildeten Gesamtbiomasse. Das Niveau der unterirdischen Biomasse war vor allem durch die hohe Boden-N-Nachlieferung im 1. Jahr nach Umnutzung des Grünlands negativ beeinflusst.

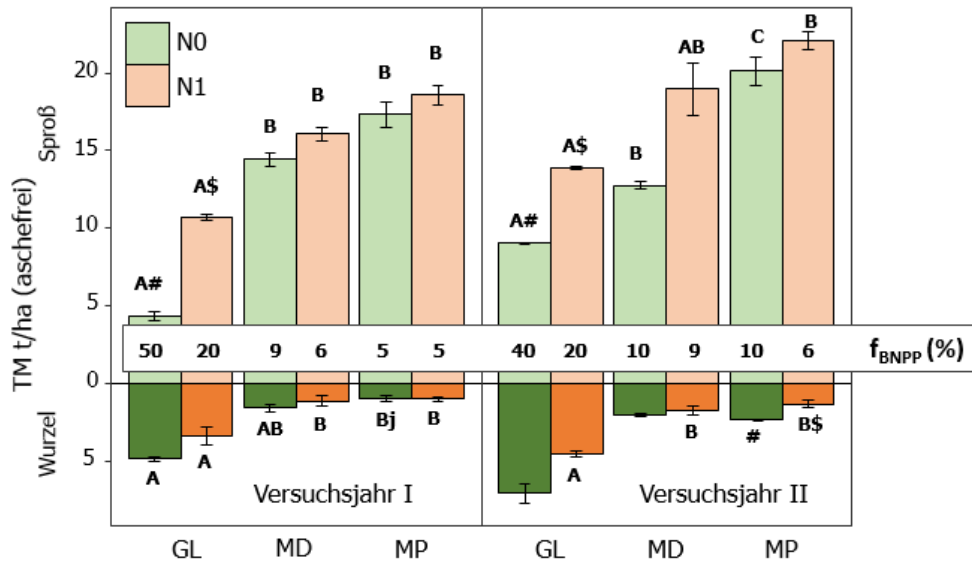


Abbildung 1: Ober- und unterirdische Trockenmasse (TM)-Erträge ($t\ ha^{-1}$) der beiden Maisvarianten (MD: Mais-Direktsaat, MP: Pflugsaat) und der Grünlandkontrolle (GL) in Abhängigkeit vom Versuchsjahr und der Düngung, sowie das Verhältnis von Wurzelmasse zur gesamten TM-Biomasse (f_{BNPP}). Großbuchstaben (A, B, C) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten. Kleinbuchstaben (j, k) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Versuchsjahren. Symbole (#, \$) kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Düngestufen N0 und N1.

Signifikant höhere N-Verluste (N_2O und NO_3^-) zeigten sich in beiden Maisvarianten im Vergleich zur Grünlandkontrolle im 1. Versuchsjahr ohne signifikante Unterschiede zwischen den Maisaartverfahren.

Die vollständige THG-Bilanz (CO_2 , N_2O , CH_4) zeigte für die Pflugsaat mit 23-30 $t\ CO_2\text{-Äqu.}\ ha^{-1}$ die höchste Klimawirksamkeit. Im Gegensatz dazu konnten mittels des Direktsaatverfahren die THG-Emissionen um 55 % reduziert werden (6-17 $t\ CO_2\text{-Äqu.}\ ha^{-1}$). Die Betrachtung der produktbezogenen THG-Emissionen ($kg\ CO_2\text{-Äqu.}\ GJ\ NEL^{-1}$) zeigte trotz leichter Ertragsunterschiede den Vorteil der Direktsaat, mit im Mittel beider Versuchsjahre von 83-129 $kg\ CO_2\text{-Äqu.}\ GJ\ NEL^{-1}$ im Vergleich zu fast doppelt so hohen Emissionen in der Pflugvariante mit 185-210 $kg\ CO_2\text{-Äqu.}\ GJ\ NEL^{-1}$.

Nach zwei Jahren Silomaisanbau wies die Direktsaat im Hinblick auf die Erhaltung der Bodenkohlenstoffvorräte gegenüber der Pflugsaat geringere Verluste auf. Die im Boden mittels ^{13}C Isotopenanalyse wiedergefundenen Mais-C-Mengen variierten lediglich zwischen 250 (MD) und 320 $g\ C\ m^{-2}$ (MP) und wiesen keine Unterschiede hinsichtlich der C-Diskriminierung auf. Dem Gegenüber gestellt waren deutlich höhere CO_2 -Emissionen in der Pflugvariante, einhergehend mit einem deutlich stärkeren Abbau des vorhandenen Grünland-C über Mineralisation. Bereits nach 2 Versuchsjahren resultierte dies unter konventioneller Bodenbearbeitung in einer relativen Abnahme des Bodenkohlenstoffvorrats im Oberboden um 22 % im Vergleich zum Ausgangsniveau. In der Direktsaat verringerte sich der Kohlenstoffvorrat dagegen nur um 7 % (Abb. 2).

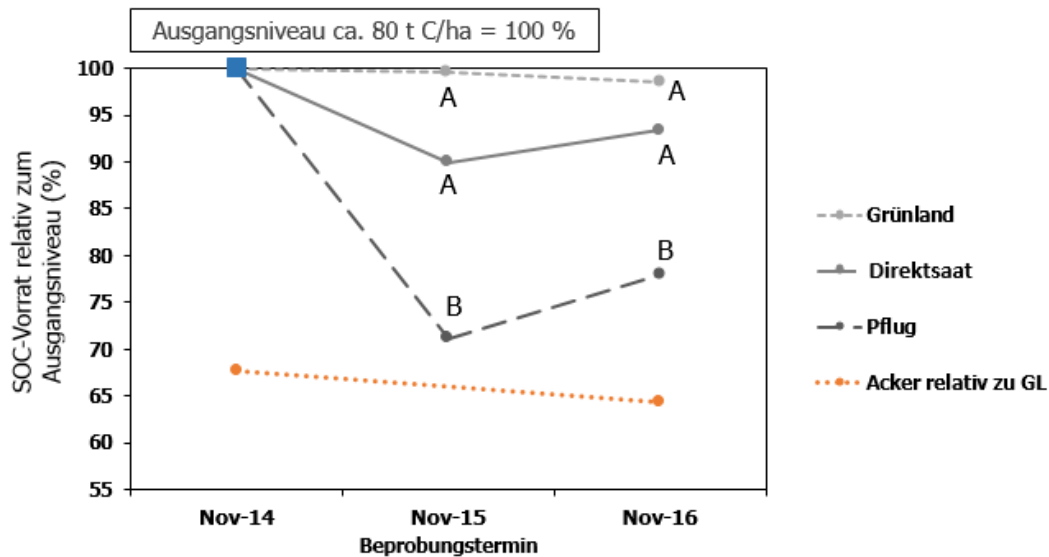


Abbildung 2: Relative Veränderung des Bodenkohlenstoffvorrats im Oberboden während des Versuchszeitraums in den drei Varianten sowie einem angrenzenden langjährigen Ackerstandort.

Eine Grünlandumnutzung mittels Pflug mit nachfolgender Ackernutzung ist unter den Bedingungen des Versuchsstandortes mit erheblichen Effekten auf lokale und globale Umweltgüter verbunden. Hinsichtlich des Konzeptes der ökologischen Intensivierung in Ackerfutterbausystemen zeigen die Ergebnisse, dass die Direktsaat von Silomais eine geeignete Alternative gegenüber der konventionellen intensiven Bodenbearbeitung nach einer Wechsel-Grünlandnutzung darstellt.

Neben vergleichbaren Biomasseerträgen und Futterqualitäten, liegt der entscheidende Vorteil der Direktsaat im gesteigerten Klima- und Bodenschutz. Ackerfutterbausysteme mit einer Abfolge aus Wechsel-Grünland und Silomais bieten auf geeigneten Standorten weiterhin Potential für eine hohe Ressourceneffizienz durch die Nutzung des Vorfruchteffektes, wodurch zum einen der mineralische N-Düngereinsatz und zum anderen etwaige N-Verluste in das Grundwasser und die Atmosphäre reduziert werden können. Zudem kann der Einsatz von Direktsaat in Mais-Gras basierten Ackerfutterbaufruchtfolgen eine verantwortungsvolle Anwendung von Glyphosat aufzeigen, die vor allem auch in erosionsgefährdeten Gebieten einen Beitrag zu ‚*climate smart agriculture*‘ liefern kann.

Literatur

- DRÖSLER M. (2005): Trace gas exchange and climatic relevance of bog ecosystems, Southern Germany. Doctoral Dissertation, Technische Universität München.
- GUO, L.B. & GIFFORD, R.M. (2002): Soil carbon stocks and land use change: a meta-analysis. *Global change biology*, 8(4): 345-360.
- HUTCHINSON, G.L., MOSIER, A.L. (1981): Improved Soil Cover Method for Field Measurement of Nitrous Oxide Fluxes. *Journal of Soil Science Society of America* 45 (2): 311-316.
- LAL, R., REICOSKY, D.C. & HANSON, J.D. (2007): Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil & Tillage Research*, 93:1-12.
- POEPLAU, C. & DON, A. (2013): Sensitivity of soil organic carbon stocks and fractions to different land-use changes across Europe. *Geoderma*, 192:189-201.
- TRIPLETT, G.B. & DICK, W.A. (2008): No-tillage crop production: a revolution in agriculture! *Agronomy Journal*, 100:153-165.

Effects of various chemical and non- chemical seed stimulator treatments on germination and germination parameters of *Salsola torcomanica*

Armin Arrekhi^{*1}, Hamid Niknahad-Gharmakher², Johann Bachinger¹ and Ralf Bloch¹

¹Leibniz center for agricultural landscape research (ZALF), Germany.

²Gorgan university of agricultural sciences and natural resources (corresponding author), Iran.

*Corresponding author. E-mail: Armin.Arrekhi@yahoo.com

Introduction

Salsola torcomanica is a plant from family of chenopodiaceae but unfortunately very less is known about this plant. In addition to halophytic nature, good forage value and biomass production potential it has a great potential for land restoration (Gintzbürger et al., 2003) and additional forage production that both have tremendous importance in the region of North-Eastern Iran. Hard and impermeable seed coats as well as dormant or immature embryo are main reasons for seed germination delay or inhibition, which is known as seed dormancy (Olmez et al., 2008). One of the most common types of dormancies among plant seeds is physical dormancy. Physical, chemical and biochemical treatments are common methods to break seed dormancy (Ali et al., 2011 and Keshtkar et al., 2008). In this present study we evaluated different treatments for improving germination parameters of *S. turcomanica*.

Material and Methods

Seed dormancy of *Salsola turcomanica* was determined by counting germinate seeds in Petri dishes lined with moistened filter paper with distilled water at room temperature (25 ± 1 °C and 60-70% relative humidity) for 7 d. Seed germination percentage was slightly higher than 50%, so seeds were considered to be weakly dormant (Naredo et al., 1998). Then seeds were exposed to five treatments i) scarification with sand paper, ii) KNO₃ (0.6%) for 24 hours, iii) hot water (70°C) for 5 minute, iv) gibberellic acid (500 ppm) for 6 hour, and v) stratification at 4 °C for two month]. In each experiment, the Petri dishes incubated in a germinator at 20°C temperature, 75% humidity, 5000 lux of light intensity and 12/12 h day/night illumination. Germination test was performed using four replications (25 mature and equal-sized seeds per petri dishes). Germinated seeds were counted daily over a period of 14 days. Root, shoot and seedling length were measured in the end of experiment. Germination percentage, germination speed, seedling length, and vigor of seed were calculated. Data analysis was performed using one-way analyses of variance (ANOVA).

Results

At the present study, seed scarification resulted in a significant increase in all of germination indices of *Salsola turcomanica* (Litv) (Table 1). So it can be concluded that the seeds of *S. turcomanica*, must be scarificated before sowing. This treatment due to cheapness and easy application is suggested for increasing germination under practical conditions.

Table 1: Variance analysis for germination indices in *Salsola turcomanica* (Litv) submitted to different treatments

Treatments	Germination (%)	Germination rate (seed/day)	Radicle Length (cm)	plumule Length (cm)	seedling Length (cm)	Vigor
Control	63 ^b	3.43 ^b	20.07 ^b	17.82 ^c	37.9 ^b	22.79 ^b
Scarification	98 ^c	13.25 ^c	42.05 ^c	26.35 ^d	68.4 ^c	68.4 ^c
Gibberellic acid	83 ^{bc}	4.62 ^b	18.87 ^b	13.27 ^{bc}	32.15 ^b	26.06 ^b
KNO ₃	85 ^{bc}	3.45 ^b	18.50 ^b	12.4 ^{bc}	30.9 ^b	25.86 ^b
Stratification	18.66 ^a	0.34 ^a	8.02 ^a	6.7 ^{ab}	14.72 ^a	2.66 ^a
Water 70° C	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a	0 ^a

References

- Ali, H.H., Tanveer, A., Nadeem, M.A. and Asghar, H.N., 2011, Methods to break seed dormancy of *Rhynchosia capitata*, a summer annual weed, Chilean Journal of Agricultural Research, 71(3), 483-487.
- G. Gintzburger, K. N. Toderich, B. K. Mardonov and M. M. Mahmudov. Rangelands of the arid and semi -arid zones in Uzbekistan. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). 2003. ISBN ICARDA 92-91 27-137-8. PP:434.
- Keshtkar, A.R., Keshtkar, H.R., Razavi, S.M. and Dalfardi, S., 2008, Methods to break seed dormancy of *Astragalus cyclophyllon*, African Journal of Biotechnology, 7(21), 3874-3877.
- Naredo, M.E.B., A.B, Juliano., B.R.L, Flora De Guzman and M.T, Jackson. Responses to seed dormancy breaking treatment in rice species (*Oryza L.*). 1998. Seed Sci & Technol., 26, 675- 689.
- Olmez, Z., Yahyaoglu, Z., Temel, F. and Gokturk, A., 2008, Effects of some pretreatments on germination of bladder-senna (*Colutea armena* Boiss. and Huet.) and smoke-tree (*Cotinus coggygria* Scop.) seeds, Journal of Environmental Biology, 29(3), 319-323.

Optimierung des Lupinenanbaus in Nordostdeutschland

Kathrin Heimpold^{1, 2}

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung e.V. (ZALF), Müncheberg; ²Hochschule für Nachhaltige Entwicklung (HNEE), Eberswalde. E-Mail: kathrin.heimpold@zalf.de

Einleitung

Die Weiße und Gelbe Lupine haben den höchsten Eiweißgehalt unter den einheimischen Körnerleguminosen. Durch züchterische Fortschritte wurden verschiedene alkaloidarme Stämme herausgezüchtet, die nun auch in die Humanernährung Einzug gehalten haben. Die meisten Anbauflächen finden sich im Norden und Osten Deutschlands. Aufgrund ihres verminderten Unkrautunterdrückungsvermögens und ihrer jährlich schwankenden Erträge stagnierte ihre Anbaufläche bei ca. 29.000 ha und fiel in 2018 auf ca. 23.000 ha. Ziel dieser Arbeit war es geeignete Unkrautregulierungsmaßnahmen zu identifizieren und neuere Weiße Lupinenzüchtungen auf ihre Anbaueignung in Nordostdeutschland zu untersuchen.

Material und Methoden

Im Jahr 2018 wurden jeweils ein Verfahrens- und ein Sortenversuch auf dem Versuchsgelände des ZALF in Müncheberg (AZ 25) sowie auf dem Versuchsgelände der HNEE in Wilmersdorf (AZ 45) bei Angermünde angelegt. Der Verfahrensversuch wurde in Müncheberg mit 3 und in Wilmersdorf mit 2 Wiederholungen durchgeführt; der Sortenversuch erfolgte an beiden Standorten als Tast- bzw. Demoversuch. Für den Verfahrensversuch wurde die Weiße Lupinensorte „Feodora“ verwendet, die in den Varianten „Striegel“, „Hacke“ und „Untersaat“ angelegt wurde. Die Untersaat an beiden Versuchsstandorten bestand aus ausdauerndem Weidelgras und Leindotter. Im Sortenversuch wurden neben verschiedenen Sorten der Weißen Lupine zum Vergleich eine Gelbe und eine Blaue Lupine angebaut.

Ergebnisse und Diskussion

Im Trockenjahr 2018 zeigten sich in Müncheberg keine Unterschiede zwischen den Unkrautregulierungsverfahren.

In Wilmersdorf, dem besseren Standort, ergab sich ein umgekehrt proportionaler Zusammenhang zwischen Kornertrag und Unkrautbesatz. Den höchsten Kornertrag bei geringstem Unkrautdruck erreichte die Untersaatvariante, obwohl die Untersaat aufgrund der Trockenheit nicht aufging.

Die Variante „Striegel“ wies einen geringeren Ertrag und stärkeren Unkrautbesatz auf als die Untersaatvariante. Die Variante „Hacke“ hatte den geringsten Ertrag und den stärksten Unkrautbesatz zu verzeichnen.

Im Sortenversuch zeigten die Weißen Lupinen auf dem besseren Standort (Wilmersdorf) die höchsten Erträge, während auf dem leichteren Standort (Müncheberg) die Gelbe und Blaue Lupine ertragsfähiger waren. Diese Ergebnisse decken sich mit den Angaben in der Literatur (Böhme et al. 2016). Die Blaue Lupine wies über dessen auf beiden Flächen trotz unterschiedlicher Ackerzahl gleichbleibende Erträge auf.

Literatur

Böhme, A., Dietze, M., Gefrom, A., Priepke, A., Schachler, B., Struck, C., Wehling, P. (2016) Lupinen – Anbau und Verwertung, Brocksee: Gesellschaft zur Förderung der Lupine e.V. (G.F.L.).

Bewertung des Gemengeanbaus von Saatwicken mit Hafer anhand des Kornertrages und der Konkurrenzkraft der Mischkultur

N. Rinke und H. Böhm

Thünen-Institut für Ökologischen Landbau, Westerau. E-Mail: nadja.rinke@thuenen.de

Einleitung

Die Saatwicke (*Vicia sativa* L.) hat geringe Ansprüche an Boden und Klima sowie ein hohes Anpassungsvermögen an den Standort. Die hohen Rohproteingehalte von bis zu 35 % in der Trockensubstanz machen sie attraktiv für den Einsatz als Futtermittel in der Monogastrierfütterung (Böhm 2017). Der Anbau zur Kornnutzung kann, aufgrund der langstrohigen und nicht aufrecht stehenden Sprosse, nur im Gemenge erfolgen, um einen Korndrusch durchführen zu können. Der Gemengeanbau bietet, neben der Stützleistung, auch einen höheren Gesamtkornertrag bei einer besseren Flächenausnutzung. Ein weiterer Vorteil des Gemenges ist die schnelle Bodenbeschattung des Getreides während der Jugendentwicklung, um eine bessere Unkrautunterdrückung zu gewährleisten.

In dem Versuch sollte überprüft werden, welche Auswirkungen unterschiedliche Wuchstypen des Hafers auf die Ertragsleistungen der Saatwicken-Hafer-Gemenge und die Unkrautunterdrückung, gemessen anhand der Unkrautbiomasse zum Zeitpunkt der Ernte haben.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde von 2015 bis 2016 auf der Versuchsstation des Thünen-Instituts für Ökologischen Landbau in Wulmenau (Schleswig-Holstein) in einer randomisierten Blockanlage mit 4 Wiederholungen durchgeführt.

Getestet wurden zwei Sorten der Saatwicke (*Vicia sativa* L.) cv. *Ina* und cv. *Slovena* in Reinsaat und im Gemenge mit der kurzstrohigen Hafersorte cv. *Alonso* und den langstrohigen Hafersorten cv. *Galaxy* (2015) und cv. *Apollon* (2016).

Die Wicken-Hafer-Gemenge wurden im Saatstärkenverhältnis 50:50 und 75:25, bezogen auf die jeweilige Reinsaatstärke der Saatwicken mit 120 keimfähigen Körnern m⁻² und des Hafers mit 350 keimfähigen Körnern m⁻² in alternierenden Reihen gesät.

Zur Abreife der Kulturen wurde ein Quadratmeter manuell geerntet und die Kulturen sowie das Unkraut getrennt. Die Unkrautbiomasse sowie der Kornertrag wurden erfasst und die Land equivalent ratios (LER) berechnet.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SAS (SAS 9.4, SAS Institute Inc., USA) und PROC GLM sowie NPAR1WAY (P<0,05).

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt zeigte der Gemengeanbau einen höheren Gesamtertrag als die Reinsaat (nicht dargestellt). Signifikante Unterschiede für den Gesamtertrag lagen zwischen den Gemengen mit kurz- und langstrohigem Hafer vor. Gemenge mit langstrohigem Hafer zeigten mit 44,62 dt ha⁻¹ (50:50) und 42,45 dt ha⁻¹ (75:25) einen deutlich höheren Gesamtertrag als Gemenge mit kurzstrohigem Hafer, die Gesamterträge von 39,99 dt ha⁻¹ (50:50) bzw. 33,74 dt ha⁻¹ (75:25) erzielten.

Ebenso zeigten sich zwischen den verschiedenen Saatstärkenverhältnissen signifikante Unterschiede. So wurden in den Saatwicken-Hafer-Gemengen mit einem Saatstärkenverhältnis von 50:50 im Durchschnitt höhere Erträge erzielt als in Gemengen mit einem Saatstärkenverhältnis von 75:25.

Die verschiedenen Gemenge zeigten keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich der Unkrautbiomasse. Im Vergleich zu den Saatwicken-Reinsaaten zeigte sich jedoch eine signifikante Reduzierung der Unkrautbiomasse in den Gemengen (nicht dargestellt).

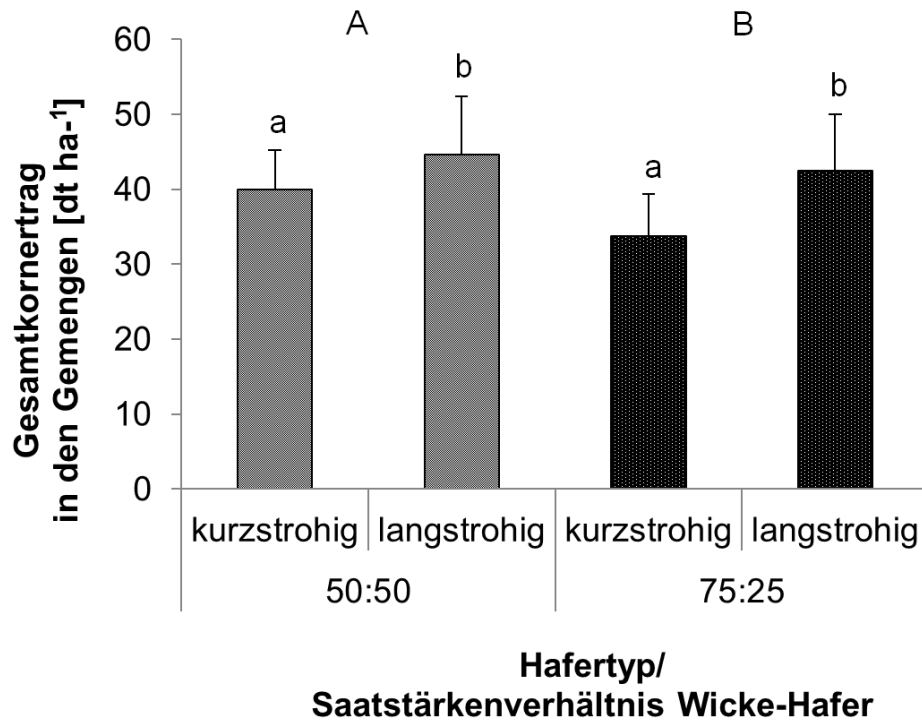


Abb. 1: Gesamtkornerträge der Saatwickengemenge mit langstrohigem und kurzstrohigem Hafer für die Saatstärkenverhältnisse 50:50 und 75:25 (Wicke : Hafer, bezogen auf die jeweilige Reinsaatstärke, Saatwicke: 120 Körner m⁻², Hafer: 350 Körner m⁻²). Verschiedene Großbuchstaben kennzeichnen Unterschiede zwischen den Saatstärkenverhältnissen, verschiedene Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen kurz- und langstrohigem Hafer als Gemengepartner für das jeweilige Saatstärkenverhältnis ($P < 0,05$).

Die Saatwicken-Gemenge mit dem langstrohigen Hafer wiesen für die Gemenge mit einem Saatstärkenverhältnis von 50:50 einen LER von 1,33, mit dem Saatstärkenverhältnis von 75:25 einen LER von 1,35 auf. Bei den Saatwicken-Gemengen mit kurzstrohigem Hafer war der LER mit 1,25 (50:50) und 1,21 (75:25) nur geringfügig niedriger. Somit wiesen alle Saatwicken-Hafer-Gemenge eine höhere Flächenausnutzung auf.

Bei der Unkrautunterdrückung konnte kein Unterschied zwischen kurzstrohigem und langstrohigem Hafer im Gemenge festgestellt werden.

Dennoch weist das 50:50 Saatwicken-Hafer-Gemenge mit einem langstrohigen Hafertyp einen höheren Ertrag und damit eine höhere Flächenausnutzung auf.

Literatur

Böhm, H. (2017). "Saatwicke: unterschätzte Körnerleguminose." bioland Fachmagazin für den ökologischen Landbau (02/2017): 8-10.

Ertrag von Blauer Lupine im Gemenge mit Getreide

Andrea Winterling¹, Johannes Uhl¹, Manuel Deyerler² und Peer Urbatzka¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; ²Landwirtschaftliche Lehranstalten, Triesdorf.
E-Mail: andrea.winterling@lfl.bayern.de

Einleitung

Leguminosen und Nichtleguminosen können sich im Gemenge positiv ergänzen. Durch die effizientere Nutzung von Nährstoffen, Wasser und Licht steigen die Erträge im Vergleich zur Reinsaat und damit auch die Flächenproduktivität (Hauggaard-Nielsen et al. 2009). Zur Überprüfung der genannten Vorteile wurden an der Bayerischen Landesanstalt zusammen mit den Landwirtschaftlichen Lehranstalten Triesdorf Feldversuche zum Anbau von zwei unterschiedlichen Typen der Blauen Lupine im Gemenge mit Sommergetreide durchgeführt.

Material und Methoden

In einer einfaktoriellen Blockanlage mit vier Wiederholungen wurde im Jahr 2018 in Hohenkammer bei Freising (Oberbayern) und Triesdorf (Mittelfranken) der Anbau der beiden Sorten der Blauen Lupine (LUB) 'Boruta' (endständiger Typ) und 'Boregine' (verzweigter Typ) in Reinsaat (Saatstärke = 100 %) im Vergleich zum Gemengeanbau mit Sommerweizen (WS, Sorte 'Quintus') und Hafer (HA, Sorte 'Max') geprüft. In einem substitutiven und einem additiven Gemengemuster wurden verschiedene Saatstärken getestet (Prozent der Reinsaatstärke): 80 LUB + 20 WS bzw. HA; 100 LUB + 50 HA $\triangleq$ hoch. Die beiden ökologisch bewirtschafteten Versuchsstandorte lassen sich wie folgt charakterisieren:

- Hohenkammer: Braunerde, sL, Ackerzahl 55, pH-Wert 6,4; langjährige Mittel: 816 mm, 7,8 °C,
- Triesdorf: Pseudogley, sL, Ackerzahl 29, pH-Wert 5,9; langjährige Mittel: 679 mm, 7,7 °C.

Die Vorfrüchte waren in Hohenkammer Wintertriticale und in Triesdorf Silomais. Zur Bewertung der Flächenproduktivität wurde aus den Ertragsdaten der „Relative Yield Total“ (RYT) nach De Witt und van den Bergh (1965) errechnet: Relative Yield Total (RYT) = RY Lupine + RY Getreide, wobei RY= Ertrag der Kultur im Gemenge/Ertrag derselben Kultur in Reinsaat. Liegt der RYT-Wert über 1, so ist der Gemengeanbau produktiver als der Anbau in Reinsaat. Die Daten wurden mit SAS 9.3 ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Hohenkammer konnte der Gesamtertrag (Mittel 37 dt/ha) durch den Gemengeanbau der Blauen Lupine mit Hafer und bei der Sorte 'Boruta' auch mit Sommerweizen im Vergleich zur Lupinenreinsaat signifikant gesteigert werden. Der Gesamtertrag im Gemenge war jeweils genauso hoch wie bei den beiden Getreidearten in Reinsaat. Am ertragsschwächeren Standort in Triesdorf (Mittel Gesamtertrag 18,7 dt/ha) brachte weder der Gemengeanbau mit Hafer, noch mit Sommerweizen einen Ertragsvorteil im Vergleich zur Lupinenreinsaat. Im Gemenge konnten aber, bei teilweise reduzierten Leguminosenerträgen, in vier von sechs Varianten signifikant höhere Gesamterträge erzielt werden als in der Getreidereinsaat. Aufgrund der geringeren Standortgüte waren in Triesdorf, anders als in Hohenkammer, die Lupinenerträge vergleichbar mit den Hafererträgen bzw. im Vergleich zu Sommerweizen sogar höher. Die Erhöhung der Saatstärken im Gemenge von Blauer Lupine mit Hafer brachte hinsichtlich des Gesamtertrags und

des Leguminosenanteils im Gemenge keinen Vorteil. Bei der endständigen und somit konkurrenzschwächeren Sorte 'Boruta' führte die erhöhte Saatstärke beim Hafer in Triesdorf trotz höherer Saatstärke der Lupine sogar zu einem reduzierten Lupinenanteil. Die höchsten Lupinenerträge wurden erwartungsgemäß in Reinsaat erzielt, im Gemenge mit Sommerweizen waren sie jedoch in drei von vier Fällen vergleichbar.

Die verzweigte Lupinensorte 'Boregine' brachte in Hohenkammer sowohl in Reinsaat als auch im Gemenge einen deutlich höheren Kornertrag als die endständige Sorte 'Boruta'. Am ertragsschwächeren Standort Triesdorf zeigten die beiden Lupinensorten dagegen ein vergleichbares Ertragsniveau. Hafer erzielte an beiden Standorten sowohl in Rein- als auch in Gemengesaat einen signifikant höheren Getreideertrag als Weizen und erwies sich in diesen Versuchen als der konkurrenzstärkere Gemegepartner.

Der RYT-Wert lag im Gemenge in allen Varianten über 1,0. Der Vorteil einer höheren Flächenproduktivität im Gemenge gegenüber der Reinsaat konnte jedoch nur bei einem Teil der Varianten mit Hafer als Gemegepartner statistisch abgesichert werden. Die höchste Flächenproduktivität zeigte das Lupinen-Hafer-Gemenge mit additivem Gemengemuster und den Blauen Lupinen-Sorten 'Boruta' in Hohenkammer und 'Boregine' in Triesdorf. Diese Varianten waren auch signifikant produktiver als der Anbau der Blauen Lupine mit Winterweizen. Das substitutive Gemenge mit der Sorte 'Boruta' (beide Standorte) sowie die Sorte 'Boregine' kombiniert mit Hafer und erhöhter Aussaatstärke in Hohenkammer waren dem Anbau in Reinsaat im Hinblick auf die Flächenproduktivität ebenfalls signifikant überlegen. Zur Absicherung der einjährigen Ergebnisse werden die Versuche fortgeführt.

Tabelle 1: Erträge und Flächenproduktivität von Blauer Lupine und Getreide in Reinsaat und im Gemenge

Standort		Hohenkammer				Triesdorf			
	Lupinen-sorte	Kornertrag dt/ha			RYT ¹	Kornertrag dt/ha			RYT
		Gesamt	LUB ²	GETR ³		Gesamt	LUB ²	GETR ³	
RS ⁴	Boregine	31,7 BC	31,7 A	-	1,00 C	18,9 AB	18,9 A	-	1,00 C
	Boruta	19,9 D	19,9 C	-	1,00 C	19,3 AB	19,3 A	-	1,00 C
HA ⁵ hoch	Boregine	46,8 A	24,4 B	22,4 D	1,27 B	22,8 A	16,0 AB	6,7 C	1,27 A
	Boruta	48,7 A	14,0 D	34,7 B	1,48 A	18,7 AB	11,8 C	6,9 C	1,06 BC
HA ⁵	Boregine	43,0 A	25,5 B	17,4 E	1,19 BC	21,0 AB	15,1 B	5,9 C	1,17 AC
	Boruta	41,8 A	14,1 D	27,8 C	1,33 AB	21,9 A	15,2 B	6,6 C	1,21 AB
	RS ⁴	45,4 A	-	45,4 A	1,00 C	16,1 B	-	16,1 A	1,00 C
WS ⁶	Boregine	35,0 B	29,8 A	5,2 G	1,11 BC	18,9 AB	17,7 AB	1,1 D	1,05 BC
	Boruta	26,8 C	15,6 D	11,2 F	1,17 BC	18,8 AB	16,9 AB	1,9 D	1,06 BC
	RS ⁴	30,7 BC	-	30,7 BC	1,00 C	11,0 C	-	11,0 B	1,00 C

¹ Relative Yield Total, ² LUB = Blaue Lupine, ³ GETR = Getreide, ⁴ RS = Reinsaat, ⁵ HA = Hafer, ⁶ WS = Sommerweizen, verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, p<0,05)

Literatur

De Witt C. T., van den Bergh J. P. (1965): Competition between herbage plants. Neth. J. Agric. Sci. 13, 212-221.

Hauggaard-Nielsen H., Gooding M., Ambus P., Corre-Hellou G., Crozat Y., Dahlmann C., Dibet A., von Fragstein P., Pristeri A., Monti M., Jensen E. S. (2009): Pea-barley intercropping for efficient symbiotic N₂-fixation, soil N acquisition and use of other nutrients in European organic cropping systems. Field Crop Res 113, 64-71.

Deficit irrigation-based control of leaf appearance in early vegetative stages of maize growth

Lina Owino¹ and Dirk Söffker

¹Chair of Dynamics and Control, University of Duisburg-Essen, Duisburg.

E-Mail: lina.owino@uni-due.de

Introduction

Deficit irrigation continues to attract research interest due to the unrelenting demand placed on the global freshwater supply by a growing population increasingly reliant on irrigation-based agriculture. Deficit irrigation strategies have mainly focused on optimizing plant water use efficiency. This work focuses on targeted control of plant growth through variation of irrigation water quantities and timing.

Exposure of maize plants to water stress inhibits leaf elongation and increases duration of the growth cycle [1]. Reirrigation after mild stress has been shown to result in increased leaf elongation rate, with final leaf lengths comparable to control plants kept under full irrigation [1,2]. Leaf appearance in maize plants maintained under mild stress was found to be comparable to plants maintained under full irrigation [3]. A slight acceleration in leaf appearance was however observed in plants subjected to a recovery cycle after exposure to mild water stress [2].

Materials and Methods

Growth data was obtained from a series of experiments carried out in the Chair of Dynamics and Control at the University of Duisburg-Essen. Temperature was maintained between 20-24° C and humidity values ranged between 35-60 %. Maize seed (KWS Ronaldinio) was grown in 200 ml capacity pots in a granular substrate (Seramis). Irrigation and measurements were carried out at 24 hour intervals.

The control group was reirrigated at 24 hour intervals to full capacity. During mild stress treatment, the water content of the test group varied between 46-58 % of full capacity. Treatment was initiated after appearance of the third leaf in all plants. Stress and recovery durations were set to 2 days.

Results and Discussion

Analysis of growth data indicates that initiation of water stress results to a reduced LER (Figure 1), as already observed in previous studies [1].

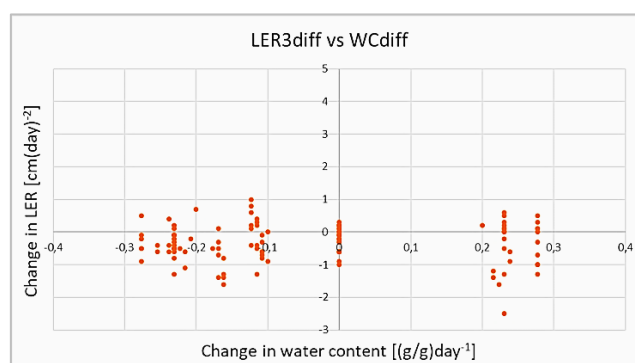


Figure 1: Change in LER with change in water content shown for Leaf3

Appearance of new leaves was also found to correspond to a decrease in LER in more mature leaves. In this case, appearance of a leaf number N was signalled by a reduction of LER in corresponding leaf number N-3 below a predictable threshold (Figure 2). Increase in LER during reirrigation as observed in previous studies [1,2] was found to be restricted to leaves that had not crossed the observed lower LER threshold.

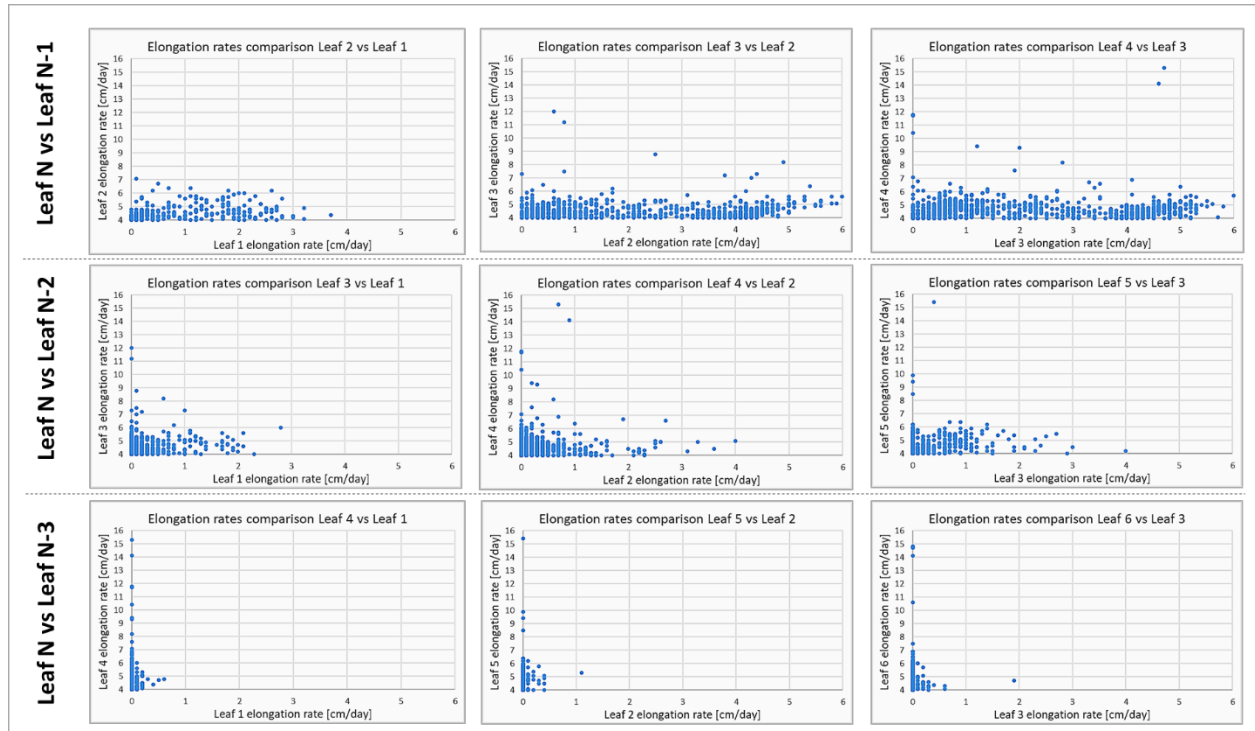


Figure 2: Comparison of LER for different leaves. The elongation phase of younger leaves (position N) is seen to correspond to a greatly decreased elongation in leaves at position N-3.

Tracking of leaf elongation rate of previously appeared leaves provides a new approach in prediction of future growth, specifically regarding timing of appearance of new leaves. It is proposed that strategic timing of mild stress can be applied to achieve targeted timing of the appearance of subsequent leaves with interspersed reirrigation to facilitate growth of the newly appeared leaves. Future work will involve employment of a prediction model to forecast the LER trajectory in response to specific water availability conditions and application of model based control to effect targeted leaf appearance in an experimental setup.

References

1. Avramova, V., AbdElgawad, H., Zhang, Z., et al., "Drought induces distinct growth response, protection and recovery mechanisms in the Maize leaf growth zone". Plant Physiology, October 2015. <https://doi.org/10.1104/pp.15.00276>
2. Kögler, F., Söffker, D., "Sport for plants as a means for growth control: Water-based open-loop control of plant growth". Agricultural Water Management, 2019, submitted.
3. Ge, T., Sui, S., Bai, L., et al. "Effects of water stress on growth biomass partitioning and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle". Acta Physiol. Plant (2012) 34:1043. <https://doi.org/10.1007/s11738-011-0901-y>

Potential von Foliensystemen zum Anbau von Süßkartoffeln in Deutschland

Carsten Winte, Maik Kohlbrecher und Dieter Trautz

Hochschule Osnabrück, Fakultät Agrarwissenschaften und Landschaftsarchitektur,
FG Umweltschonende Landbewirtschaftung, Kontakt: carsten.winte@hs-osnabrueck.de

Einleitung

Die Süßkartoffel (*Ipomoea batata*) ist weltweit eine der sieben wichtigsten Nahrungspflanzen. Sie wird aufgrund ihrer Ansprüche an das Klima vornehmlich in den Tropen angebaut (JAKSCH 2014). Bisher spielt ihre Kultivierung in Deutschland nur eine untergeordnete Rolle. Durch die Veränderung des Klimas in Mitteleuropa ergeben sich auch in der Bundesrepublik Deutschland Chancen den Süßkartoffelanbau zu etablieren (JAKSCH 2014). Aus ersten in Deutschland durchgeführten Anbauversuchen lässt sich bisher kein standardisiertes Anbauverfahren ableiten.

Material und Methoden

Auf dem Betrieb Winte wurden Süßkartoffeln in drei verschiedenen Varianten erstmals im Feldversuch untersucht. Der Feldversuch ist als randomisierte Blockanlage mit vierfacher Wiederholung angelegt worden. Am 24.05.2018 (KW 20) und am 07.06.2018 (KW 23) wurden die Stecklinge der Sorte Beauregard in Parzellen von 12 m² mit jeweils 40 Pflanzen pro Parzelle gepflanzt. Die drei unterschiedlichen Folienanbausysteme basierten auf einem Standardkartoffeldamm. Folgende Varianten wurden getestet: Mulchfolienstreifen aus biologisch abbaubarer Mulchfolie (V1), Mulchfolienstreifen (biologisch abbaubar) mit zusätzlicher Abdeckung durch einem Spargeltunnel aus Lochfolie (500 Löcher pro m², Lochdurchmesser 10 mm) (V2) und eine Variante ohne Folie (V3). Die Ertragsermittlung wurde nach einer Lagerdauer von 3 Wochen durchgeführt, in dem die Einzelknollengewichte ermittelt wurden. Der vermarkungsfähige Ertrag ist visuell bonitiert worden, Knollen unter 150 g und über 1200 g wurden als nicht vermarktungsfähig eingestuft.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt den gesamt und den vermarktungsfähigen Ertrag (g/Pflanze). Die Versuchsvarianten unterschieden sich dabei im Ertrag. Den höchsten Gesamtertrag erzielte die Variante 2 KW 20 mit durchschnittlich 1 624 g/Pflanze (4 060 g/m²). Allerdings lag der vermarktungsfähige Ertrag nur bei 857 g/Pflanze (2 143 g/m²), was auf sehr starken Mäuseverbiss zurückzuführen war. Die erhöhten Mäuseschäden in der Tunnelvariante lassen auf bessere Lebensbedingungen für Mäuse schließen. Den höchsten vermarktungsfähigen Ertrag erzielte die Variante 1 KW 20 mit durchschnittlich 900 g/Pflanze (2 250 g/m²). In der Variante 2 KW 20 wurden im Durchschnitt 4,8 Knollen/Pflanze und 1,9 vermarktungsfähige Knollen/Pflanze geerntet. Im Vergleich dazu hat die Variante 3 KW 20 3,3 Knollen/Pflanze und 1,8 vermarktungsfähige Knollen/Pflanze. Das Ertragsniveau des zweiten Pflanztermines (KW 23) war deutlich geringer als am ersten Termin (KW 20), dieses ist auf die kürzere Vegetationszeit zurückzuführen.

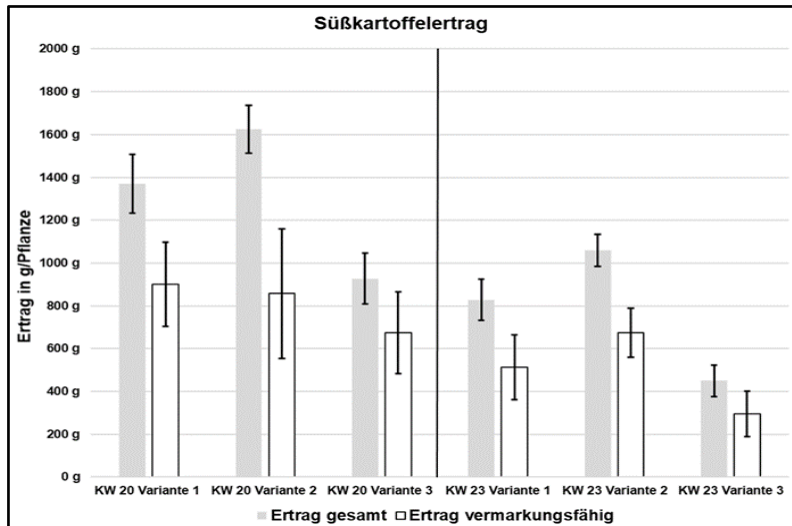


Abbildung 1: Süßkartoffelertrag der Pflanztermine KW 20 und KW 23 in g/Pflanze ($\pm$ Standardabweichung)

Abbildung 2 zeigt die Verteilung der Knollen in unterschiedliche Gewichtsklassen. In der Variante 2 KW 20 wurden 22,2 % der Knollen in der höchsten Gewichtsklasse (über 950 g) geerntet, im Vergleich dazu in der Variante 3 KW 20 nur 7 %.

Der Versuch zeigt im ersten Anbaujahr deutlich, dass die Folienkombination (Mulchfolien/ Spargeltunnel der Variante 2) Vorteile hinsichtlich Gesamtertrags, Knollengröße sowie Anzahl Knollen/Pflanze aufwies. Allerdings wird hierdurch der Mäusefraß gefördert, der sich auf den Anteil vermarktfähiger Knollen auswirkt.

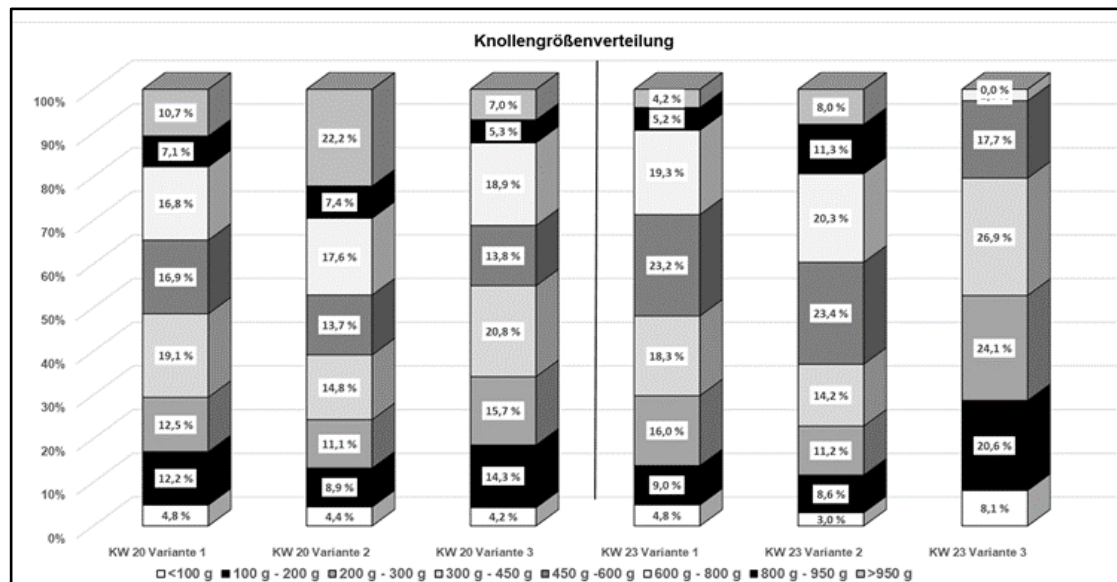


Abbildung 2: Einteilung des Gesamtertrages der Pflanztermine KW 20 und KW 23 in Gewichtsklassen

Literatur

JAKSCH, T. (2014): Weihenstephaner Versuche zu Süßkartoffeln im Freiland (1)., Freising: Hochschule Weihenstephan-Triesdorf. <https://www.hswt.de/forschung/wissenstransfer/2014/august-2014/gemuesebau.html> (Zugriff am 29. Dezember 2018).

Systematic analysis of biochar performance on plant growth in soybean cropping system at marginal area in Germany and China

Hua Ma

ZALF, Müncheberg;

Introduction

Soybean (*Glycine max* L.) is the most versatile plants in agricultural system due to its high protein and oil content and the ability to associate rhizobium for biological nitrogen fixation (BNF). The cultivation of soybean is expanding on marginal area, where no soybean were cultivated. Special cultivation measure are required in those area, to facilitate the soybean cultivation especially in terms of BNF and soil fertility. This study aimed to investigate the potential effect of biochar and irrigation on soybean plant growth, crop yield formation, N budgets variation, plant nutrients uptake, and soybean-rhizobium symbiotic performance based on the analysis of soil structure, soil nutrients dynamics, and soil enzyme activities. Three field trials were conducted to accomplish our goals in Germany and China in two years. We determined the plant biomass, plant nutrient concentrations, yield components, nodule parameters, soil enzyme activities, and soil-available nutrients. In the trial in Germany, our results indicated that biochar had a positive effect on the soybean-rhizobium symbiotic performance in the irrigated condition. Sufficient water supply is crucial on enhancing plant growth, FDA hydrolytic activity, and APM activity in sandy soil. Our results further suggested that the plant N uptake was likely more from BNF with biochar addition. In the trial in China, biochar enhanced soybean plant growth in loamy clay soil. Biochar unaffected the soil structure in both sandy and loamy clay soil and sandy soils showed the high soil loss potential by wind erosion. Soybean indicated more flexible and sustainable than barley on N budgets.

Root Growth of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) in Subsurface Drip Fertigation system

Seyed Mahdi Nezam Abadi, Ole Rechner, Andreas Fricke and Hartmut Stützel

Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung: Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover, E-Mail: mehdilink2000@yahoo.com

Introduction

Rapid population growth in the world and the growing need for food and efficient use of agricultural land calls for improving sustainability in the use of water and nutrients. One of the proper methods to use water and nutrients efficiently is a subsurface drip fertigation (SDF) system. Application of water and nutrients just at the time needed and at the right place are the main advantages of SDF (Lamm et al., 2006). Sugar beet is one of the major agricultural crops for industrial processing. Our knowledge about root reaction to the heterogeneous distribution of water and nutrients in SDF is limited by the difficulty of observing root growth and activity without destruction of the surrounding soil (Gregory et al., 2003). The purpose of this study was to better understand the reaction of sugar beet root growth to SDF applied at different depths.

Materials and Methods

The study took place on the experimental site of the Vegetable System Modelling Section of the Institute of Horticultural Production Systems at Leibniz Universität Hannover. The plants and measurement tools set up in PVC pipe with 30 cm diameter and 110 cm length. The experiment was performed as a complete randomized design (CRD) with three treatments in four replications in independent pots. The treatments were arranged by two different depths of fertigation in 10 cm (*sdf-10*) and 30 cm (*sdf-30*). In these treatments, plants were received the water and nutrients directly from the buried drip emitter. A set of four replications were arranged by a conventional system as the control in which plants were received water and fertilizer from the top (*conv*). In each pot, three Plexiglas tubes were installed horizontally in 10, 20, 30 cm depth for taking root images every 7 days, starting four weeks after germination with a CI-602 Narrow Gauge Root Imager.

Results and Discussion

The method of applying water and nutrients had significant effects on root growth of sugar beet. The *conv* treatment significantly recorded higher fine root length in 0-10 cm depth compare to the *sdf-30*, while *sdf-10* treatment showed higher fine root length in 10-20 cm. Fine root length of *sdf-30* showed a relatively higher amount in depth of 30-60 while *conv* had a higher fine root length in the uppermost soil layers (0-30cm). The soil core method also showed the same pattern of fine root length distribution in different soil horizons of the treatments.

Literature

Gregory, P.J., Hutchison, D.J., Read, D.B., Jenneson, P.M., Gilboy, W.B. and Morton, E.J. (2003). Non-invasive imaging of roots with high resolution X-ray microtomography. *SoilSci.*, 255:351–359.

Lamm, F.R., Ayars, J.E. and Nakayam, F.S. (2006). *Developments in Agricultural Engineering 13. Microirrigation for Crop Production*. Elsevier Science

Einfluss von Saattermin und Reihenweite auf den Ertrag und die Ertragsstruktur von Wintermohn

Reinhard W. Neugschwandtner¹, Armin Stich¹, Helmut Wagentristl², Georg Dobos³, Agnieszka Klimek-Kopyra⁴ und Hans-Peter Kaul¹

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

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

³Zeno Projekte, Gentzgasse 129/1/10, 1180 Wien

⁴Landwirtschaftliche Universität Krakau, Institut für Pflanzenbau, al. A. Mickiewicza 21, 31-120 Krakau, Polen

Einleitung

Mohn zur Produktion von Mohnsaat wurde im Jahr 2017 in Österreich auf 3.012 ha angebaut, bei Durchschnittserträgen von 597 kg ha⁻¹ (FAOSTAT, 2017). In beiden Ländern wird überwiegend Sommermohn angebaut. Mit Wintermohn lassen sich deutlich höhere Erträge erzielen. Die erste Wintermohnsorte (ZENO) in der EU wurde 1997 zugelassen, deren Ertragsüberlegenheit gegenüber von Sommermohn in Wertprüfungen der Österreichische Agentur für Ernährungssicherheit (AGES) gezeigt werden konnte (Dobos, 2005).

Bei Wintermohn stellen sich aus pflanzenbaulicher Sicht die Fragen nach dem optimalen Saattermin, der optimalen Saatstärke und der optimalen Reihenweite. In einem zweijährigen Versuch wurde bereits der Einfluss von Saattermin und Saatstärke im Osten Österreichs getestet. Dabei wurde der höchste Kornertrag beim Saattermin Anfang Oktober (im Vergleich zu Saatterminen von Anfang September bis Mitte bzw. Ende Oktober) erzielt. Die Saatstärke von 0,5 kg ha⁻¹ war (im Vergleich zu 1 kg ha⁻¹) ausreichend für einen guten Kornertrag und eine gute Ausbildung der Ertragsstrukturkomponenten (Neugschwandtner et al., 2019). Ziel dieses Versuches war, den Einfluss von Saattermin und Reihenweite auf den Ertrag und die Ertragsstruktur zu überprüfen.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in Groß-Enzersdorf, östlich von Wien, in der Vegetationsperiode 2017/18 durchgeführt. Der Boden am Versuchsstandort ist ein Tschernosem aus schluffig-lehmigen Schwemmmaterialien mit hohem Kalkgehalt (pH_{CaCl2} = 7.6) und einem Humusgehalt von 2,2-2,3%. Die langjährigen (1980-2009) durchschnittlichen Werte für Niederschlag und Jahrestemperatur liegen bei 538 mm bzw. bei 10,6°C.

Der Wintermohn der Sorte ZENO PLUS wurde an zwei Terminen 26.9.2017 und 19.10.2017 mit folgenden Reihenweiten angebaut: 12,5 cm, 25 cm, 50 cm und 75 cm. Die Saatstärke betrug 0,5 bzw. 1,0 kg ha⁻¹. Die Ergebnisse zeigen die Mittelwerte über beide Saatstärken. Die Ernte des ersten Anbautermins erfolgte am 20.6.2019, jene des zweiten Anbautermins am 25.6.2019.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag war beim ersten Saattermin höher als beim zweiten (Tabelle 1), wobei dieser höhere Ertrag bei einer geringeren Pflanzen- und Kapseldichte durch eine höhere Anzahl an Kapseln Pflanze⁻¹ und ein höheres Tausendkorngewicht (TKG) und somit durch einen höheren Einzelkapselertrag erzielt wurde. Der Kornertrag war beim Reihenabstand von 25 cm am höchsten, bei 75 cm am

niedrigsten. Bei 75 cm waren die Pflanzen- und Kapseldichte niedriger als bei den anderen Reihenabständen, jedoch war die Anzahl an Kapseln Pflanze⁻¹ am höchsten. Der Kornertrag Kapsel⁻¹ sowie das TKG nahmen mit zunehmendem Reihenabstand ab.

Bei Sommermohn haben Zajac et al. (2011) bereits Unterschiede beim Ertrag und der Ertragsstruktur aufgrund unterschiedlicher Saattermine beschrieben. Unsere Ergebnisse zeigen, dass bei Wintermohn der frühere Saattermin Ende September jenem Mitte Oktober ertraglich aufgrund eines höheren Kornertrages Kapsel⁻¹ überlegen war. Wintermohn lieferte bei Reihenweiten von 12,5 bis 50 cm gute Erträge, während bei einer Reihenweite von 75 cm der Ertrag vor allem aufgrund einer geringeren Pflanzen- und somit auch einer geringeren Kapseldichte niedriger war.

Tabelle 1: Kornertrag und Ertragsstruktur von Wintermohn in Abhängigkeit des Saattermins und der Reihenweite

	Kornertrag (t ha ⁻¹)	Pflanzen (m ⁻²)	Kapseldichte (m ⁻²)	Kapseln (Pflanze ⁻¹)	Kapselertrag (g)	TKG (g)
Saattermin						
26.9.2017	2,06 ^a	46,3 ^b	69,7 ^b	1,60 ^a	2,98 ^a	0,369 ^a
17.10.2017	1,64 ^b	57,1 ^a	80,8 ^a	1,50 ^b	2,04 ^b	0,335 ^b
Reihenweite						
12,5 cm	1,89 ^b	56,4 ^a	74,1 ^b	1,37 ^c	2,62 ^a	0,359 ^a
25 cm	2,12 ^a	57,8 ^a	87,4 ^a	1,62 ^{ab}	2,52 ^{ab}	0,351 ^{ab}
50 cm	1,96 ^{ab}	55,6 ^a	81,4 ^a	1,52 ^b	2,45 ^b	0,352 ^{ab}
75 cm	1,43 ^c	37,0 ^b	58,3 ^c	1,70 ^a	2,46 ^b	0,345 ^b

Unterschiedliche Buchstaben zeigen statistisch signifikant unterschiedliche Mittelwerte.

Literatur

- FAOSTAT, 2017. Corporate Statistical Database. UN Food and Agriculture Organization, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>, abgerufen am 10. Juli 2019.
- Dobos, G., 2005. Wintermohn - Anpassung und agronomische Aspekte. Bericht über die 56. Tagung 2005 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, HBLFA Raumberg - Gumpenstein, 22.-24. November 2005, 53-55.
- Neugschwandtner, R.W., Böhm, K., Hall, R.M., Kaul, H.-P., 2015. 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., Wagentristl, H., Dobos, G., Klimek-Kopyra, Kaul, H.-P., 2019. Wintermohnanbau in Österreich - Einfluss des Saattermins und der Saatstärke. 74. ALVA-Tagung, HBLAuBA für Wein- und Obstbau, Technikum, Klosterneuburg, 173-175.
- Zajac, T., Oleksy, A., Klimek-Kopyra, A., 2011. Comparison of growth and productivity of the low morphine poppy *Papaver somniferum* L. cv. Mieszko depending on sowing date. *Acta Agrobotanica* 64, 67-78.

Einsatz von Mikrogranulaten und Mikroorganismen zur Steigerung der Nährstoffeffizienz im Maisanbau

Frank Eulenstein, Thies Lade, Jürgen Pickert, Axel Behrendt, Uwe Schindler,
Peter Lentsch, Julian Ahlborn und Phillip Scharschmitt

Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) Müncheberg, Eberswalder Straße 84,
D-15374 Müncheberg, Email: feulenstein@zalf.de

Einleitung

Ein Kernpunkt der Novellierung der Düngeverordnung (DÜV) ist die Senkung des zulässigen Phosphatbilanzüberschusses von 20 kg auf nur noch 10 kg P_2O_5 /ha. Wirtschaftsdünger, die relativ hohe Phosphatkonzentrationen haben, können häufig nicht bis zur zulässigen 170 kg organisch N/ha-Grenze eingesetzt werden, weil die Phosphatzufuhr bereits so hoch ist, dass der P-Bedarf der Pflanzen und der tolerierbare Überschuss von 10 kg P_2O_5 /ha erreicht ist. Wenn unter diesen Gesichtspunkten bereits die organische N-Düngung durch den tolerierbaren Überschuss limitiert ist, wird es nahezu unmöglich, die ertragswirksame Unterfußdüngung mit DAP oder MAP durchzuführen. Dadurch wird das Ertrags- und Nährstoffaufnahmepotenzial des Maises nicht ausgenutzt. Im Rahmen der strategischen Ausrichtung des Nährstoffmanagements stellt der Einsatz von Mikrogranulaten durch das Applikationsverfahren der Saatbanddüngung eine mögliche Alternative zur konventionellen Phosphat-Unterfußdüngung dar. Weitere Versuche an mehreren Standorten werden als „On-farm research“ in Veredelungsregionen in Niedersachsen und Westfalen durchgeführt.

Material und Methoden

Primäres Ziel der Phosphatdüngung im Mais ist es, durch die Platzierung der mineralischen Depotdüngung pflanzenverfügbares Phosphat in unmittelbarer Umgebung der Wurzel vorzuhalten und gleichzeitig eine vorzeitige Festlegung der Düngerkonzentration zu verhindern.

Die Saatbanddüngung, häufig auch als Kontaktdüngung bezeichnet, stellt nach ALLEY et al. (2010) eine wirtschaftliche und effiziente Alternative zur klassischen Unterfußdüngung (engl. starter fertilizers for corn) dar.



Abbildung 1: Pneumatischer Mikrogranulatstreuer (links) installiert an einer Einzelkornsämaschine des Herstellers Amazone (WILHELM, 2015, S. 38 f); mit mechanischen Antrieb (mitte) des Herstellers Monosem (MONOSEM, 2013). Schematische Darstellung der Applikation von Mikrogranulaten am Einzelkornsächar (rechts verändert nach PLESSER, 2016).

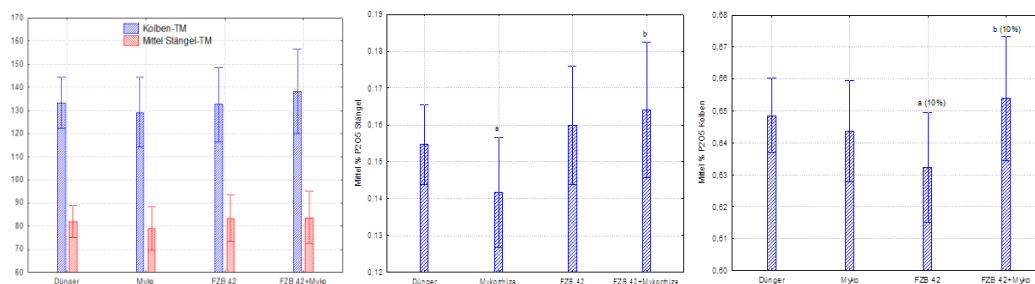
In dreijährigen Feldversuchen im westfälischen Wadersloh wurde die Leistungsfähigkeit mineralischer Depotdüngungsvarianten im Hinblick auf den Silomaisertrag überprüft. Der Versuch prüfte die Wirksamkeit der Mikrogranulate

Startec und Wolf-nutraxP, gegenüber der klassischen DAP (Diammonphosphat) Unterfußdüngung mit 100 kg DAP/ha in Kombination mit Mikroorganismen (Mykorrhiza-Pilze (*Glomus* spp.) und *Bacillus amyloliquefaciens*). Die Besonderheit des Düngers Wolf-nutraxP und der Mikrogranulate bestehen darin, mit geringer Menge von unter 10 kg P_2O_5 /ha zu applizieren. Bei diesem Verfahren wird der Dünger direkt mit dem Maiskorn in die Saatzfurche abgelegt. Als eine weitere Besonderheit in dieser Versuchsanstellung gilt die Applikation von den Mikroorganismen Mykorrhiza-Pilze (*Glomus* spp.) und *Bacillus amyloliquefaciens* mit dem Ziel einer besseren Nährstoffausschöpfung der Maispflanze aus der Bodenmatrix.

Die Mikroorganismen-Präparate wurden mittels des Mikrogranulatstreuers (vgl. Abbildung 1) in die Saatzfurche abgelegt. Bei der Nullvariante wurden weder Unterfuß- oder Saatbanddünger noch Mikroorganismen eingesetzt. Hier erfolgte lediglich eine NTS-Düngung von 160 kg/ha.

Ergebnisse und Diskussion

Tendenziell (nicht signifikant) zeigen die Varianten mit Applikation von Mikroorganismen höhere Trockenmasseerträge und Nährstoffgehalte in Stängel und Kolben. Mikrogranulatdüngung und Mikroorganismenapplikation können gleichwertige Erträge wie klassische Diammonphosphat-Unterfußdüngung liefern.



Abbildungen 2 bis 4: Auswertung über alle Jahre, Trockenmasse Kolben und Stängel (links), % P_2O_5 im Stängel (mitte) und Kolben (rechts)

Literatur

- DMK (2016): Bedeutung des Maisanbaus in Deutschland. Deutsches Maiskomitee. <http://www.maiskomitee.de/web/public/Fakten.aspx/Statistik/Deutschland>, 01.05.2016.
- Wilhelm, H. (2015): Dünger in die Saatreihe platzieren. LOP 04/2015, Emminger & Partner GmbH, Berlin.
- Alley, M., Reiter, S., Thomason, W., Reiter, M. (2010): Pop-up and/or Starter Fertilizers for Corn. Dept. of Crop & Soil Environmental Sciences, Virginia Tech. https://pubs.ext.vt.edu/3002/3002-1438/3002-1438_pdf.pdf, 24.03.2016.

Der Beitrag von Pflanzenrückständen zum Humusaufbau: Wie realistisch ist der 4 %-Ansatz?

Tommaso Stella¹, Ioanna Mouratiadou², Thomas Gaiser³, Michael Berg-Mohnicke¹
und Claas Nendel¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF), Müncheberg; ²Copernicus-Institut für Nachhaltige Entwicklung, Universität Utrecht; ³Lehrstuhl für Pflanzenbau, INRES, Universität Bonn

Einleitung

Pflanzenrückstände haben ein großes Potenzial als Bioenergie-Rohstoff. Andererseits stellen sie, wenn sie nach der Ernte auf dem Feld belassen werden, einen wichtigen Beitrag zur Erhaltung der organischen Bodensubstanz (OBS) dar. OBS ist ein wichtiger Bestandteil der Bodenfruchtbarkeit und damit ein zentraler Adressat für Strategien zum Klimaschutz ist (z.B. die "4 Promille" Initiative). Dieser Zielkonflikt ist der Grundstein für die Entwicklung nachhaltiger Intensivierungsmaßnahmen, die auf die Maximierung der Nutzung von Pflanzenrückständen bei gleichzeitiger Gewährleistung der langfristigen Nachhaltigkeit der Agrarsysteme abzielen.

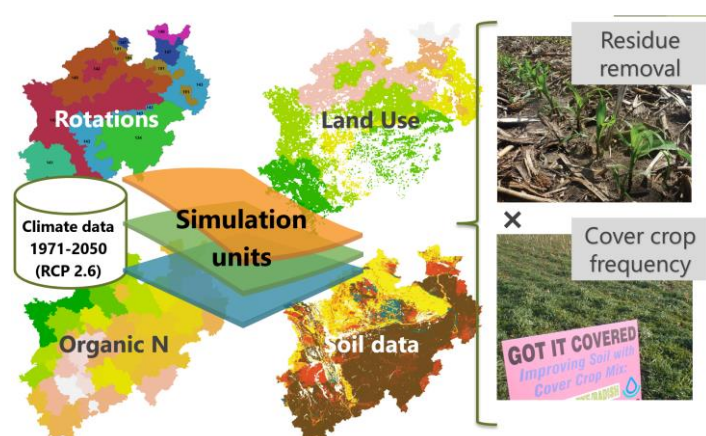


Abbildung 1: Design des Simulationsexperiments.

Material und Methoden

Um eine solche Systemoptimierung durchzuspielen, bewerten wir hier die Reaktion der OBS-Dynamik für verschiedene Rückstandsmanagementstrategien mittels Simulation am Beispiel Nordrhein-Westfalens (NRW). Vier Strategien wurden getestet: 1) die Abfuhr von Rückständen in einer Größenordnung, wie sie zurzeit in etwa durchschnittlich in NRW praktiziert wird (33%), 2) die Abfuhr von Rückständen unter Berücksichtigung des von der staatlichen Landwirtschaftsberatung vorgeschlagene Humusbilanzansatzes, 3) die vollständige Abfuhr und 4) die vollständige Belassung der Rückstände im Feld. Die Simulationen wurden mit dem Agrarökosystem-Modell MONICA für den Zeitraum 1971-2050 simuliert. Dabei wurde eine Spin-up-Phase (1971-2005, Basisstrategie) zur Equilibrierung der Boden-Kohlenstoffpools und zum Erreichen der um das Jahr 2000 in NRW ermittelten SOC-Werte durchgeführt. Darauf folgend wurde der Projektionszeitraum (2005-2050) mit allen Strategien simuliert. Die 9 häufigsten einjährigen Ackerkulturen in NRW bilden 19 für das Untersuchungsgebiet typische Fruchtfolgen. Durch die Stichprobenziehung aus der Wahrscheinlichkeitsverteilung von unsicheren Parametern, die Abbau der OBS im Modell beeinflussen, haben wir eine Verteilung der Ergebnisse für jeden Modelllauf erstellt. Aus diesen Verteilungen ergibt sich wiederum eine Verteilung der simulierten Dynamiken, womit der Unsicherheitsbereich der Schätzung quantifiziert werden kann. Durch Simulation der verschiedenen Kombinationen aus Standorteigenschaften und Fruchtfolgen, die sich aus der Zonierung NRWs ergeben, konnten wir die Kohlenstoff-Festlegungspotenziale ermitteln, sowie die einflussreichsten Faktoren, die dieses Potenzial modifizieren.

Resultat

Als Ergebnis erhalten wir Simulationen, die den langfristigen Auf- oder Abbau der OBS im Projektionszeitraum schätzen und den damit verbundenen Unsicherheitsbereich illustrieren. Insgesamt bleibt festzuhalten, dass der Kohlenstoff-Input durch Pflanzenrückstände allein kaum ausreicht um derzeitige OBS-Gehalte zu sichern. Allein in der Variante der Nullabfuhr kann dies erreicht werden, auf Standorten mit hohem Tongehalt und geringen OBS-Gehalten. Weder das übliche Maß an organischer Düngung noch der Einsatz von Zwischenfrüchten garantieren einen Erhalt der OBS auf allen Standorten in NRW. Darüber hinaus wird deutlich, dass durch die Erhöhung der C-Zufuhr sich das System ein neues Gleichgewicht zwischen Auf- und Abbau der OBS sucht, so dass die Festlegungsrate, wenn Sie 4‰ je erreicht, nur über wenige Jahre aufrecht erhalten werden kann.

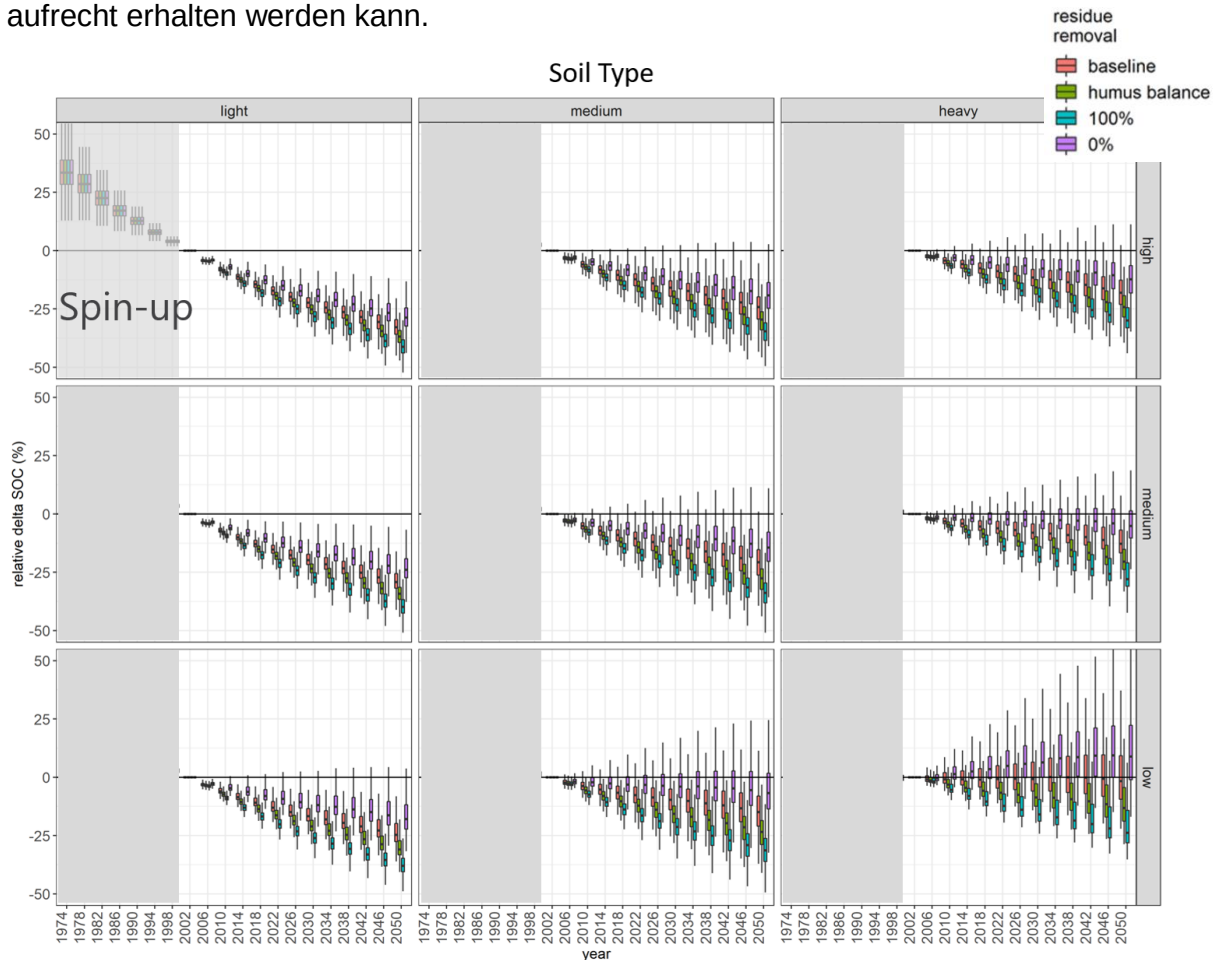


Abbildung 2: Simulierte Dynamik der OBS für drei Textur- und drei OBS-Klassen.

Schlussfolgerung

Eine langfristige Kohlenstoff-Festlegung in den Böden NRW in der Größenordnung von 4‰ pro Jahr ist mit gängiger Bestandsführung nicht zu erreichen. Trotzdem kann argumentiert werden, dass die über Bewirtschaftungsmaßnahmen wie Rückstandsmanagement, organische Düngung und Zwischenfruchtanbau forcierte Einbringung von Kohlenstoff in den Boden als Maßnahme der Abmilderung des Klimawandels uns zumindest etwas Zeit erkaufte, bis andere, vielleicht eher technische Maßnahmen zur Funktionsreife gebracht sein werden und diesen Platz einnehmen.

Mögliche Substitution konventioneller Baumaterialien durch Nachwachsende Rohstoffe

Karoline Röper¹, Simone Köller¹, Marc Lünsdorf¹, Niels Püttschneider¹, Franz-Ferdinand Gröbblinghoff¹, Ralf Pude² und Bernhard Carl Schäfer³

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest; ²INRES Nachwachsende Rohstoffe (INRES), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ³Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig. E-Mail: roeper.karoline@fh-swf.de

Einleitung

Geprüft wurde die mögliche Substitution von nicht nachhaltigem sowie synthetisch hergestelltem Polystyrol in Dämmputzen und Dämmputzplatten durch Nachwachsende Rohstoffe. Vielversprechend hierbei sind mehrjährige parenchymreiche Pflanzen wie *Miscanthus*, jedoch stellt die hohe Komplexität der Wechselwirkungen des biologischen Materials mit den eingesetzten Bindemitteln eine besondere Herausforderung dieser Thematik dar und erfordert eine Analyse der Eigenschaften des Rohstoffes (Pude et al. 2017). In der vorliegenden Untersuchung wurde Erbsenstroh geprüft, *Miscanthus* und Schilf dienten als Referenz.

Material und Methoden

Miscanthus (*Miscanthus x giganteus*), Schilf *Phragmites australis* und das Stroh der Erbsensorte Navarro *Pisum sativum* des Erntejahrs 2017, aus der Region Soest, wurden vermahlen und auf die Partikelgröße und -verteilung zur Ermittlung der Tauglichkeit als Dämmputz untersucht. Die Partikelgrößen der Grundsubstanz wurden durch Siebung in vier Fraktionen unterteilt (Fraktion 1 = 0,0-0,5 mm, Fraktion 2 = 0,5-1,5 mm, Fraktion 3 = 1,5-3,0 mm, Fraktion 4 = > 3,0 mm), da sich die physikalischen Eigenschaften der Materialien innerhalb der Größenordnungen unterschiedlich darstellen. Die Partikelverteilung wurde mittels CAMSIZER P4 in weiteren Größenordnungen ermittelt (Abb. 1). Das Porenvolumen zur Bestimmung der Wärmedämmeigenschaften wurde durch einen Wasserhaltefähigkeittest geprüft, ebenso wurde die Dämmeignung mittels Wärmeleitfähigkeittest untersucht. Zusätzlich wurden Dämmputzproben aus Fraktion 2 der untersuchten Materialien angefertigt und auf die Aushärtung und Trocknung getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchung der Partikelgrößen ergab ähnliche Ergebnisse für Schilf und Erbsenstroh. Fraktion 3 war am meisten zu finden, absteigend gefolgt von Fraktion 2, 4 und 1. Fraktion 3 war ebenso beim *Miscanthus* die häufigste Größenordnung, danach folgte jedoch zunächst Fraktion 4 vor 2 und 1. In Abbildung 1 ist die Partikelverteilung der Grundsubstanz dargestellt. Beim Erbsenstroh erstreckte sich diese auf ein breites Größenspektrum, größere Partikel waren häufiger vorhanden als bei den Referenzmaterialien.

Tabelle 1 zeigt die Wasserhaltefähigkeit

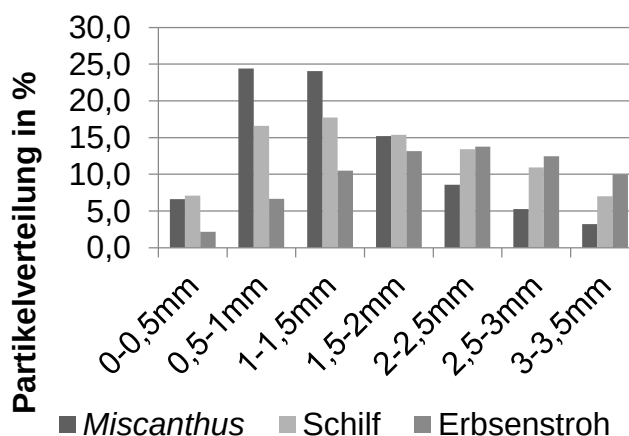


Abb. 1: Partikelverteilung in der Grundsubstanz

der drei Materialien nach Volumen und nach Gewicht in der Grundsatzsubstanz. Das getestete Erbsenstroh hatte das größte Porenvolumen, was auf eine grundsätzliche Eignung als Dämmstoff schließen lässt, Schilf und *Miscanthus* hatten ein geringeres Porenvolumen.

Tab. 1: Wasserhaltefähigkeit nach Volumen und Gewicht der Grundsatzsubstanz in Volumenprozent in Bezug auf die Einwaage

	<i>Miscanthus</i>	Schilf	Erbsenstroh
Volumen	289,6 %	191,1 %	442,3 %
Gewicht	351,2 %	251,1 %	418,7 %

Die Wärmeleitfähigkeit des Erbsenstrohs ist 43,88 mW/(m*K), die von *Miscanthus* 59,09 mW/(m*K) und die von Schilf 52,42 mW/(m*K). Die niedrigere Wärmeleitfähigkeit bedeutet, im Vergleich zu den Referenzmaterialien, eine tendenziell bessere Dämmeignung des Erbsenstrohs.

Die Untersuchung der Trocknung der erstellten Dämmputzproben ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den verwendeten Materialien. Die Aushärtung ist in Abbildung 2 dargestellt, sie war am dritten Untersuchungstag bei Schilf signifikant weiter fortgeschritten als bei Erbse und *Miscanthus*, für die weitere Aushärtung ergaben sich keine signifikanten Unterschiede.

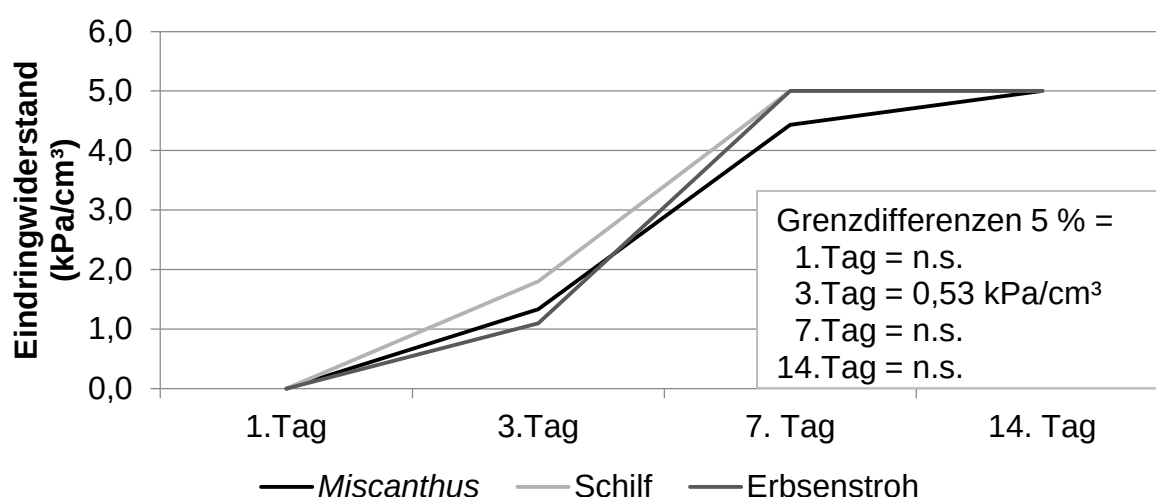


Abb. 2: Eindringwiderstand des Dämmputzes in kPa/cm³ im zeitlichen Verlauf als Maß der Aushärtung

Durch die erfolgten Untersuchungen lässt sich ein gutes Potential des Erbsenstrohs als Dämmstoff feststellen. Für eine abschließende Bewertung sind weiterreichende Tests innerhalb aller einzelnen Fraktionen notwendig, um die ideale Zusammensetzung dieser zur Nutzung als Dämmstoff zu finden.

Literatur

Pude, R.; Völkerling, G.; Kreyenschmidt, J.; Bröring, S.; Schmitz, M.; Schulze, M.; Witzleben, ST.; Wirths, M.; 2017. Kompetenzschwerpunkt „Biobasierte Produkte“ Baustoffe – Verpackung – bioaktive Additive. Internationale Vereinigung für *Miscanthus* und mehrjährige Energiegräser (MEG) e.V., Rheinbach, 20.-21.11.2017

Auswirkung der Strohnutzung von Körnerleguminosen auf den Vorfruchtwert bei Winterweizen

Karoline Röper¹, Ralf Pude², Franz-Ferdinand Gröbblinghoff¹ und Bernhard Carl Schäfer³

¹Fachhochschule Südwestfalen, Abteilung Agrarwirtschaft, Soest; ²Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ³Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig. E-Mail: roeper.karoline@fh-swf.de

Einleitung

Im Vergleich zu anderen Kulturen haben Körnerleguminosen für nachfolgende Getreidearten einen höheren Vorfruchtwert, der bessere Erträge bewirkt und Einsparungen in der Düngergabe ermöglicht (Preissel et al., 2015). Ungeklärt ist welche Auswirkung eine Abfuhr des Strohs von der Fläche hat. Ziel dieser Arbeit war es die Effekte einer Strohnutzung von Körnerleguminosen auf den Vorfruchtwert bei Winterweizen *Triticum aestivum* zu untersuchen.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Feldversuch (2018 und 2019) wurden an jeweils zwei Standorten (Niederbörde und Haarstrang) auf Erbsen- und Ackerbohenschlägen Teilflächen vom Stroh geräumt, um dessen Nutzung zu simulieren. Innerhalb dieser Großparzellen (n=4) wurden Kleinparzellen mit sechs verschiedenen Düngestufen angelegt (1 = keine Düngung, 2 = Sollwert – 60 kg, 3 = Sollwert – 30 kg, 4 = Sollwert, 5 = Sollwert + 30 kg, 6 = Sollwert + 60 kg). Die Stickstoffnachlieferung aus dem Boden wurde zu Vegetationsende und –beginn durch N_{min}-Untersuchungen ermittelt. Der NDVI als Maß für die Bestandsentwicklung wurde mehrfach mittels Greenseeker während der Jugendentwicklung und der Abreife aufgezeichnet sowie die Ertrags- und Qualitätsparameter des Weizens erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die N_{min}-Gehalte unterschieden sich aufgrund verschiedener Witterungsverhältnisse und N-Mineralisation der Böden hinsichtlich der Jahre, Standorte und Vorfrüchte signifikant voneinander. Ebenso unterschieden sich die Werte zu Vegetationsende und Vegetationsbeginn, bedingt durch die Verlagerung des Stickstoffs in tiefere Bodenschichten durch Niederschläge, signifikant voneinander. Die Strohbergung bewirkte weder in der Haupt- noch in einer der Wechselwirkungen signifikante Unterschiede.

Die Bestandesentwicklung des Jahres 2018 unterschied sich bezüglich der Strohbergung in der Hauptwirkung nicht und nur in der Wechselwirkung Strohbergung*Standort signifikant voneinander. Die signifikante Wechselwirkung trat nur nach der Vorfrucht Erbse zu zwei Untersuchungsterminen während der Jugendentwicklung auf und ist darauf zurückzuführen, dass an einem Standort keine Unterschiede vorhanden waren, während am anderen Standort der NDVI ohne Stroh gesichert höher war (Tab. 1).

In Abbildung 1 sind die Ertragsergebnisse nach Vorfrucht Erbse und Ackerbohne dargestellt. Die Strohbergung hatte im Haupteffekt keine signifikante Wirkung, einzig die Wechselwirkung N-Düngung*Strohabfuhr war bei der Vorfrucht Erbse signifikant (GD 5 % = 3,1 dt/ha).

Tab. 1: NDVI-Werte nach Vorfrucht Erbse an den Standorten Niederbörde und Haarstrang zu den Terminen 06.04.2018 und 17.04.2018, im Mittel über vier Wiederholungen

Termin EC Stadium	Standort	Strohbergung	NDVI	GD 5 % Strohbergung*Standort
06.04.2018 29	Niederbörde	mit Stroh	0,758	0,014
		ohne Stroh	0,749	
	Haarstrang	mit Stroh	0,346	
		ohne Stroh	0,361	
17.04.2018 31	Niederbörde	mit Stroh	0,825	0,021
		ohne Stroh	0,822	
	Haarstrang	mit Stroh	0,588	
		ohne Stroh	0,611	

Bei Betrachtung der Werte wird jedoch deutlich, dass diese Wechselwirkung darauf beruht, dass in den einzelnen Düngestufen keine einheitliche Wirkung der Strohabfuhr vorhanden war, sondern sich teilweise die Varianten mit und ohne Stroh nicht unterschieden und teilweise die Varianten ohne Stroh (+ 30 kg/ha N und - 30 kg/ha N) die höheren Erträge erzielten. Auch bei den Untersuchungen von Rothardt et al. in den Jahren 2016 und 2017 wurde weder das N-Optimum noch das Ertragsoptimum durch die Abfuhr des Ackerbohnenstrohs signifikant beeinflusst.

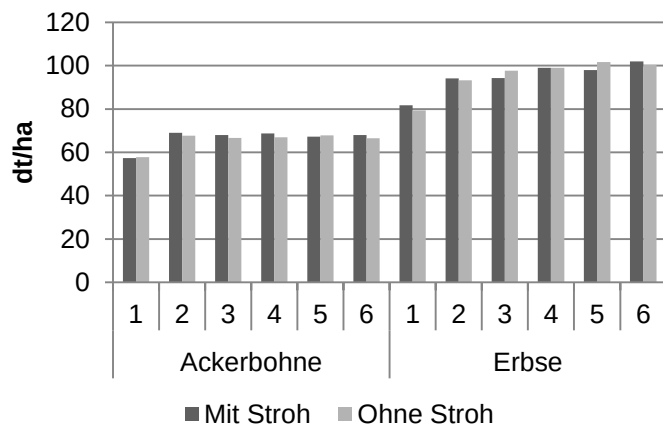


Abb. 1: Weizenenerträge (dt/ha) des Jahres 2018, im Mittel über zwei Standorte und vier Wiederholungen (1 = keine Düngung, 2 = Sollwert – 60 kg, 3 = Sollwert – 30 kg, 4 = Sollwert, 5 = Sollwert + 30 kg, 6 = Sollwert + 60 kg)

Als Qualitätsparameter wurden die Tausendkornmasse und der Rohproteingehalt untersucht. Es ergaben sich für beide Parameter signifikante Unterschiede bezüglich der Standorte und Düngestufen. Die Strohbergung hatte weder in der Haupt- noch in den Wechselwirkungen einen signifikanten Einfluss.

Aus den bisherigen Untersuchungen ergeben sich keine Auswirkungen einer Strohnutzung von Erbsen und Ackerbohnen auf den Vorfruchtwert bei Winterweizen. Die beschriebenen Ergebnisse aus dem Dürrejahr 2018 müssen jedoch mit den Daten aus dem Versuchsjahr 2019 überprüft werden.

Literatur

- Preissel, S.; Reckling, M.; Schläfke, N.; Zander, P.; 2015. Magnitude and farm-economic value of grain legume pre-crop benefits in Europe: A review. *Field Crops Research*, 175, 64-79.
- Rothardt, S.; Pahlmann, I.; Kage, H.; 2018. INPLAMINT Increasing agricultural nutrient-use efficiency by optimizing plant–soil–microorganism interactions. Schlussbericht. Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Einfluss des Klee-grasmanagement auf Ertrag und Qualität der Nachfrüchte im ökologischen Landbau

Peer Urbatzka¹ und Stefan Zott²

¹Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ²Bayerische Staatsgüter, Neu-hof; E-Mail: peer.urbatzka@LfL.bayern.de

Einleitung

Im ökologischen Landbau ist eine Abfuhr des Klee-grases mit Rückführung eines Teiles der Nährstoffe über organische Düngung die bessere Alternative zu einer reinen Mulchnutzung. Hintergrund ist eine höhere N₂-Fixierung der kleinkörnigen Leguminosen (Dreymann 2005), die Vorteile der Verwertung des Aufwuchses und die Möglichkeit einer organischen Düngung der Nachfrüchte. Allerdings stellt sich für vieharme Betriebe ohne die Möglichkeit einer Futter-Mist-Kooperation oder einer Nutzung in der Biogasanlage die Frage, welches Klee-grasmanagements anstelle von Mulchen durchgeführt werden sollte.

Material und Methoden

Der Dauerfeldversuch wurde auf dem Standort Neu-hof bei Donauwörth in Bayern (Pseudogley-Parabraunerde, uL, Ackerzahl 62, lj. Mittel 677 mm und 8,7 °C) zur Ernte 2014 angelegt. In dem Beitrag werden die Ergebnisse der ersten Rotation dargelegt. Die Fruchtfolge bestand aus Klee-gras (2014), Winterweizen (2015), Wintertriticale (2016) und Sommerhafer (2017). Vorfrüchte unter noch konventioneller Bewirtschaftung waren Sommerhafer (2012) und Wintertriticale (2013). Die Behandlung des Klee-grases und die organische Düngung in den Nachfrüchten unterschieden sich in den sechs Prüfvarianten:

- Mulchen aller Schnitte („Mulchen“)
- Abfuhr aller Schnitte ohne Rückführung („Abfuhr“)
- Abfuhr aller Schnitte ohne Rückführung + Einsatz Grüngutkompost vor Triticale
- Abfuhr 1. + 2. Schnitt ohne Rückführung, 3. Schnitt mulchen („Abfuhr/Mulchen“)
- Abfuhr, Herstellung von Kompost aus Klee-gras aller Schnitte mit Getreidestroh + Düngung vor Weizen und Triticale („Abfuhr + KG-Kompost“)
- Abfuhr aller Schnitte + Gülle im Frühjahr zu Weizen und Triticale („Abfuhr+Gülle“)

Das Getreidestroh mit Ausnahme der Variante Kompostherstellung bei Weizen und Triticale verblieb auf den Parzellen. Ansonsten wurden diese gleich behandelt. Der Rohproteingehalt und beim Weizen der Feuchtklebergehalt wurden nach den ICC-Standardverfahren (ICC 1976) sowie das Backvolumen nach Doose (1982) nach einem Rapid-Mix-Test für alle Wiederholungen analysiert. Es handelte sich um ein einfaktorielles Lateinisches Rechteck (N=4). Parzellengröße sind 100 m². Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3. Zum Vergleich der Wirkung auf die gesamte Fruchtfolge wurden die Erträge der drei Getreidearten als Messwiederholung über die Zeit verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Stickstoff-ertrag der Körner lagen bei den einzelnen Getreiden nur wenige signifikante Unterschiede vor (Tab. 1). Zwar erreichten die Parzellen mit Abfuhr und Gölledüngung im Getreide numerisch jeweils den höchsten Ertrag, signifikante Unterschiede gab es jedoch nur einen beim Winterweizen und einen beim Hafer. Bei der Auswertung über alle drei Nachfrüchte erreichte die Variante mit Abfuhr und

Gülldüngung einen höheren Stickstofftrag als die drei Varianten Abfuhr, Abfuhr + Grüngutkompost und Abfuhr/Mulchen.

Auch bei allen dargestellten Qualitätsparametern erzielten die Parzellen mit Abfuhr und Gülldüngung numerisch die höchsten Werte (Tab. 2). Wie auch beim Stickstofftrag lagen nur wenige signifikante Unterschiede vor. Diese konnten beim Backvolumen des Weizens und beim RP-Gehalt des Hafers festgestellt werden.

Die Rückführung über Gülle wirkte demnach erwartungsgemäß. Die Unterschiede fielen aber vergleichsweise gering aus. Beispielsweise lagen zwischen Mulchen und Abfuhr in der ersten Rotation im Widerspruch zur Literatur (Urbatzka et al. 2016) keine Unterschiede vor. Ursache könnte die konventionelle Vorbewirtschaftung mit einem deutlich höheren Düngungslevel bei Stickstoff bis vor Versuchsbeginn und der schwere Boden sein. Der Dauerfeldversuch wird entsprechend weitergeführt.

Tab. 1: N-Kornertrag der einzelnen Nachfrüchte (kg N/ha) und der Rotation (kg N/ha*a) in Abhängigkeit des Klee-grasmanagements

Variante	Weizen (2015)	Triticale (2016)	Hafer (2017)	Rotation (2015-2017)
Mulchen	104,1 AB	95,5 NS	105,0 AB	101,5 AB
Abfuhr	97,1 AB	87,8	109,1 AB	98,0 B
Abfuhr + Grüngutkompost	88,5 B	89,6	107,9 AB	95,3 B
Abfuhr/Mulchen	99,4 AB	87,3	102,7 B	96,5 B
Abfuhr + KG-Kompost	100,4 AB	90,8	114,6 AB	101,9 AB
Abfuhr + Gülle	116,2 A	95,6	119,2 A	110,3 A

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, $p < 0,05$), ns = nicht signifikant

Tab. 2: Qualität der Nachfrüchte in Abhängigkeit des Klee-grasmanagements

	Weizen (2015)			Triticale (2016)	Hafer (2017)
	Kleber (%)	Volumen (ml)	RP-Ge- halt (%)	RP-Ge- halt (%)	RP-Ge- halt (%)
Mulchen	22,8 NS	639 A	11,5 NS	10,8 NS	10,4 B
Abfuhr	20,4	628 AB	10,8	10,6	10,6 AB
Abfuhr + Grüngutkompost	20,7	619 AB	10,8	10,6	10,5 B
Abfuhr/Mulchen	21,5	631 AB	11,1	10,6	10,2 B
Abfuhr + KG-Kompost	21,3	589 B	11,0	10,5	11,2 AB
Abfuhr + Gülle	24,5	665 A	11,8	10,8	11,5 A

verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, $p < 0,05$), ns = nicht signifikant

Literatur

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

Dreymann S (2005) N-Haushalt unterschiedlich bewirtschafteter Rotklee-Bestände und deren Bedeutung für die Folgefrucht Weizen im Ökologischen Landbau. Dissertation. Universität Kiel.

ICC (Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und Getreidetechnologie, Hrsg.) (1976), Berlin, verschiedene ICC Standardverfahren.

Urbatzka P, Rehm A, Eckl T, Salzeder G (2016): Auswirkung der Kleeart, der Saatzeit und der Nutzung auf den Ertrag der Nachfrüchte Winterweizen und Wintertriticale unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus. Mitt. Ges. Pfl. 28, 236-237

Hafer als Zwischenfrucht vermindert Nitratauswaschung im Winterackerbohnenanbau

Catharina Meinen, Rolf Rauber und Stefan Siebert

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

Einleitung

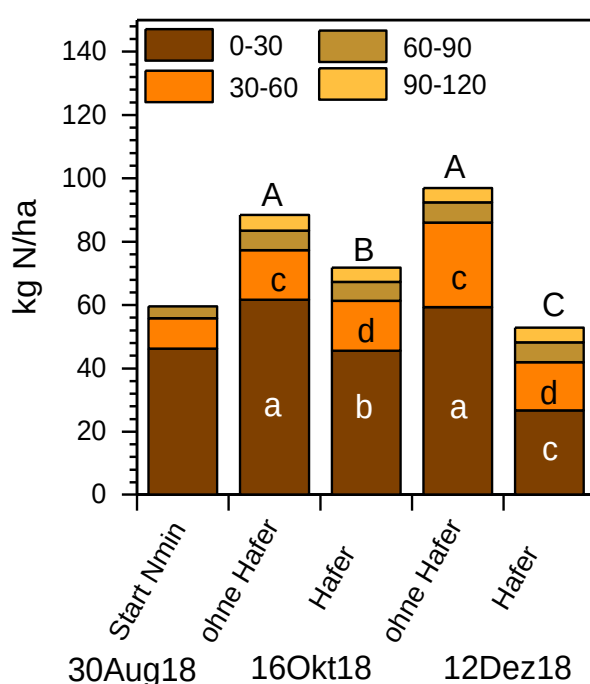
Winterackerbohnen sind eiweißreiches Futter für Nutztiere und finden Verwendung als spurenelementreiches Substrat für Biogasanlagen. Im bisher üblichen Anbau besteht jedoch die Gefahr einer Nitratbelastung des Grundwassers auf Grund der geringen Stickstoffaufnahme der Winterackerbohnen aus dem Boden vor dem Winter.

Material und Methoden

Um die Umweltverträglichkeit des Anbaus der Winterackerbohnen zu verbessern wurde den Winterackerbohnen in einem Feldversuch (2018/2019, Blockanlage, vier Wiederholungen) Sommerhafer als Zwischenfrucht vorangestellt. Die Winterackerbohnen (Sorten Augusta und Malibo) wurden als Reinsaat und im Gemenge mit Triticale (Sorte Tulus) angebaut. Zudem wurde eine Sommerackerbohnen-sorten (Sorte Fanfare) in Reinsaat und im Gemenge mit Triticale (Sorte Somtri) angebaut. Die Etablierung der Winterackerbohnen und der Triticale in die Hafer-Zwischenfrucht (ZF) erfolgte mittels Direktsaat. Die ZF Hafer wurde durch Frost im Februar 2019 abgetötet.

Es wurden N_{min}-Werte bis 120 cm Tiefe genommen, der Feldaufgang bonitiert sowie eine Miniplot-Ernte im Mai 2019 durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion



Im Oktober 2018 und im Dezember 2018 waren die N_{min}-Werte in den ZF Hafer Varianten signifikant geringer als in den Varianten ohne ZF Hafer (Abb.1).

Abb. 1: Mineralischer Bodenstickstoff (N_{min}) in kg N/ha in den Bodentiefen 0-30 cm, 30-60 cm, 60-90 cm und 90-120 cm zur Aussaat des Hafers am 30. August 2018 (Start N_{min}), zur Aussaat der Winterackerbohne bzw. Triticale am 16. Oktober 2018 und zum Vegetationsende am 12. Dezember 2018. Dargestellt sind Mittelwerte von allen Parzellen (Start N_{min}) und den Varianten mit ZF Hafer und ohne ZF Hafer. Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden; $p < 0,05$, Tukey-Test.

Der Winterackerbohnen- sowie der Triticale-Feldaufgang in den Parzellen mit ZF Hafer war deutlich vermindert im Vergleich zum Feldaufgang in den Parzellen ohne

ZF Hafer. Mitte Dezember 2018 waren bei den Winterackerbohnen-Sorten in der Reinsaat mit der ZF Hafer nur 51 % (Malibo) bzw. 65 % (Augusta) der angestrebten Pflanzenanzahl aufgelaufen. Der Feldaufgang der Winterackerbohnen im Gemenge mit ZF Hafer lag nur bei 31-42 % und damit sogar noch unter dem Feldaufgang in der Reinsaat mit ZF Hafer.

Die ZF Hafer hatte einen signifikanten Einfluss auf die Summe der oberirdischen Biomasse zur Blüte Ende Mai 2019. Das Gemenge Augusta-Tulus ohne ZF Hafer sowie die Reinsaat Tulus ohne ZF Hafer zeigten signifikant höhere Erträge als die Reinsaat Malibo mit ZF Hafer. (Abb. 2). Die ZF Hafer reduzierte die Summe der Biomasse in jeder Variante, jedoch nicht signifikant. Die Reinsaat Augusta bildete ähnliche Biomassen mit und auch ohne ZF Hafer. Besonders die Triticale reduzierte die Biomasse in den Varianten mit der ZF Hafer.

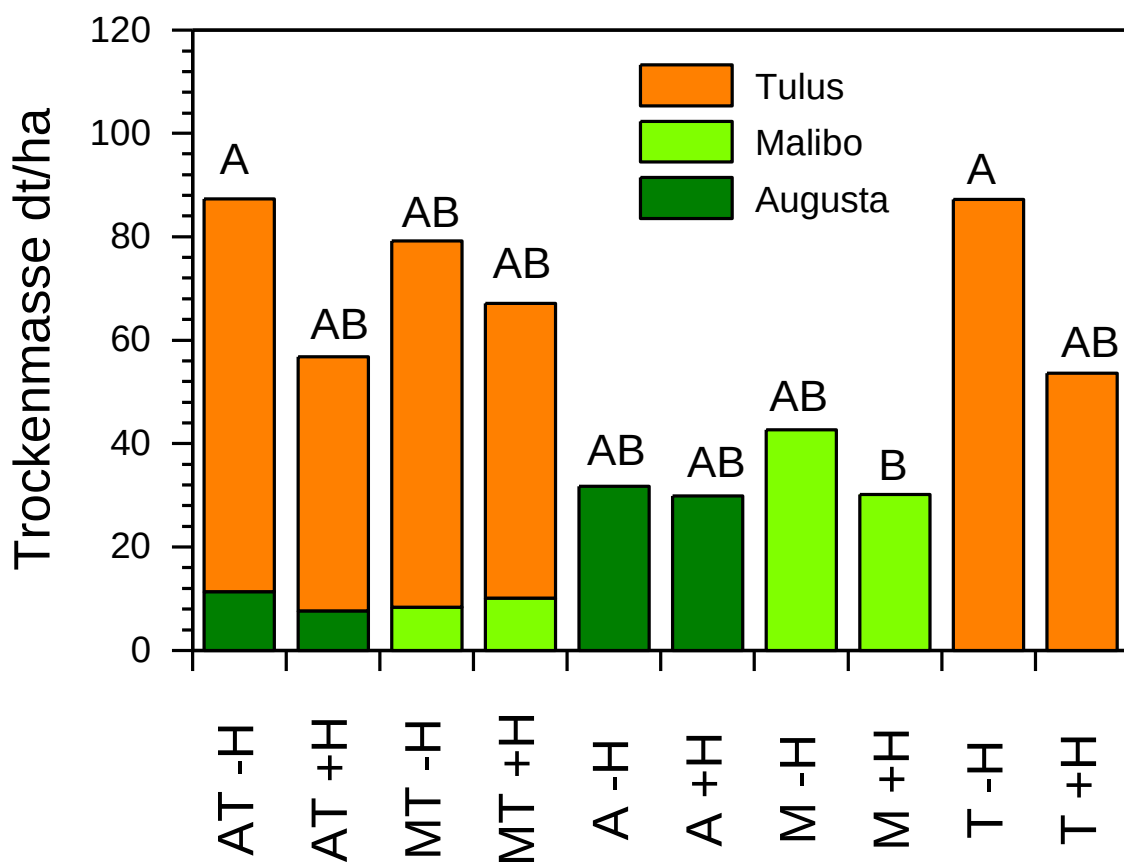


Abb. 2: Oberirdische Biomasse in dt/ha am 27. Mai 2019. Dargestellt sind Mittelwerte der Winterackerbohnen Augusta (A), Malibo (M), der Triticale Tulus (T) in den Varianten mit ZF Hafer (+H) und ohne ZF Hafer (-H). Werte mit unterschiedlichen Buchstaben sind signifikant verschieden; $p < 0,05$, Tukey-Test.

Das Ziel - die Absenkung des Nmin-Werts im Winter durch die ZF Hafer - wurde erreicht. Es bleibt abzuwarten, wie sich die Kornerträge der Varianten mit und ohne ZF Hafer entwickeln.

Einfluss von Zwischenfrüchten auf Lachgasemissionen und Stickstoffeffizienz unter den Bedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes

Paula Fuchs, Jan Rücknagel und Olaf Christen

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften,
Professur für Allgemeinen Pflanzenbau und Ökologischen Landbau.
E-Mail: paula.fuchs@landw.uni-halle.de

Einleitung

Unter den Standortbedingungen des Mitteldeutschen Trockengebietes konnten die Auswirkungen eines Zwischenfruchtanbaus auf die Stickstoffeffizienz und Lachgasemissionen bisher nicht hinreichend geklärt werden. Daher sollen diese in einem dreijährigen Feldversuch (2017/18 bis 2019/20) mit verschiedenen Zwischenfruchtgemengen vor Silomais betrachtet werden.

Material und Methoden

Der Feldversuch ist auf dem Agrar- und Ernährungswissenschaftlichen Versuchszentrum Merbitz (AEVZ) der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg im Süden Sachsen-Anhalts lokalisiert. Der Standort zählt zu dem Mitteldeutschen Trockengebiet. Charakteristisch dafür sind die, durch die Lee-Wirkung des Harzes hervorgerufenen, geringen Jahresniederschläge von unter 470 mm. Die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt 9,5 °C.

Es wurden sechs Varianten verschiedener legumer und nicht legumer Sommer- und Winterzwischenfruchtgemenge sowie eine Kontrolle ohne Zwischenfrüchte (ZF) in einer vollständig randomisierten Blockanlage bzw. ab dem zweiten Jahr in einer zweifaktoriellen Streifenanlage mit vier Wiederholungen etabliert. Zudem wurde der Versuchsaufbau im zweiten Versuchsjahr 2018/19 um den Behandlungsfaktor der Bodenbearbeitung („gepflügt“ und „gegrubbert“) ergänzt. Die Parzellenbreite beträgt 9 m, die Parzellenlänge 15 m. Als Nachfrucht wird Silomais angebaut. Die Düngedarfsermittlung wurde nach Düngeverordnung (DüV, 2017) durchgeführt und es wurden dabei variantenspezifische Mindestabschläge berücksichtigt (Abb. 1). Die Silomaiserträge (32 % TS) wurden einer Vollanalyse unterzogen, wobei deren N-Gehalt ermittelt wurde und mithilfe dessen der N-Entzug ermittelt werden konnte. Als Maß für die N-Effizienz wurde eine einfache N-Bilanz (Differenz N-Düngung und N-Entzug) herangezogen.

Die Gasmessungen erfolgen ab dem zweiten Versuchsjahr mit der Closed-Chamber-Methode nach HUTCHINSON und MONSIEUR (1981), welche eine anerkannte Methode darstellt, um N₂O-Flüsse vom Boden in die Atmosphäre zu quantifizieren. Die Messungen finden mindestens wöchentlich über die gesamte Vegetationsperiode hinweg statt.

Ergebnisse und Diskussion

In dem ersten Versuchsjahr 2017/2018 konnte der höchste N-Entzug der Hauptfrucht Silomais mit 186 kg N/ha nach dem legumen Winterzwischenfruchtgemenge (Variante 6) ermittelt werden; der niedrigste N-Entzug in Höhe von 161 kg N/ha zeigte sich nach der Winterzwischenfrucht im Leguminosen-Nichtleguminosen-Gemenge (Variante 7). Die N-Entzüge nach den Varianten 1 bis 5 liegen zwischen 167 und 177 kg N/ha.

Die N-Düngung liegt nach Abzug der im Voraus analysierten $N_{\min}$ -Werte sowie den Mindestabschlägen gemäß der DüV (2017) für die verschiedenen Varianten zwischen 111 und 140 kg N/ha, wobei die Varianten 6 und 7 mit 111 kg N/ha die geringste N-Düngung erhalten haben. Somit besitzt Variante 6 mit einer N-Bilanz von -75,4 kg N/ha auch den geringsten N-Saldo. Auch die N-Bilanzen der übrigen Zwischenfruchtvarianten liegen im negativen Bereich zwischen -33,0 bis -62,8 kg N/ha (Abb. 1).

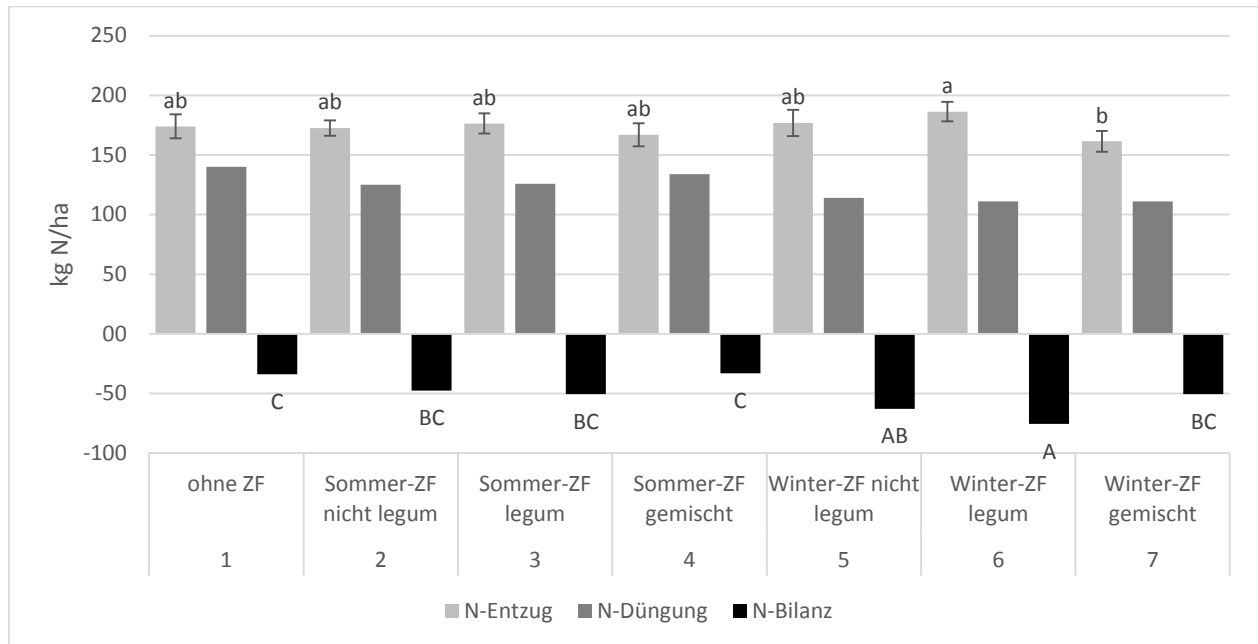


Abb. 1: N-Entzug von Silomais, N-Düngung und N-Bilanz [kg N/ha] bei den verschiedenen Zwischenfruchtvarianten (ZF) im ersten Versuchsjahr, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede mit $p < 0,05$

Trotz eines reduzierten N-Dünger-Einsatzes konnte nach der Variante 6 ein signifikant höherer Silomaisertrag gemessen werden, wohingegen Variante 1 ohne Zwischenfruchtgemenge die niedrigsten Erträge aufwies (Werte nicht dargestellt). Unter Vorbehalt zeigen die bisherigen Untersuchungen, dass die betrachteten Zwischenfruchtgemenge die Möglichkeit bieten die N-Düngung zu reduzieren ohne Ertragseinbußen erwarten zu müssen.

Erste vorläufige Ergebnisse der Lachgasemissionen deuten auf ein insgesamt niedriges N_2O -Verlustpotential ohne größere variantenspezifische Differenzierungen hin.

Literatur

DüV (2017). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung – DüV). Berlin.

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.

Der Einfluss von Fruchtfolge und Rübenblattdüngung auf den Vorrat an organischen Kohlenstoff im Systemversuch Fruchtfolge Harste

Philipp Götze und Heinz-Josef Koch

Institut für Zuckerrübenforschung / Abt. Pflanzenbau, Göttingen. E-Mail: Goetze@ifz-goettingen.de

Einleitung

Ackerbauliche Maßnahmen wie organische Düngung, Bodenbearbeitung und Fruchtfolgegestaltung beeinflussen den Gehalt und Vorrat an organischem Kohlenstoff im Boden (C_{org}). Allerdings lassen sich Veränderungen in Feldversuchen aufgrund der hohen zeitlichen und räumlichen Variation meist erst nach Jahrzehnten nachweisen. Die Anlage von Messwiederholung und die Eliminierung von Ausreißern kann eine statistische Absicherung von Differenzen im C_{org} -Gehalt jedoch auch in Versuchen mit kurzer Laufzeit ermöglichen (Knebl et al., 2015). Im folgenden Beitrag sollte überprüft werden, ob nach zwölfjähriger Versuchslaufzeit Unterschiede im C_{org} -Vorrat verschiedener Zuckerrübenfruchtfolgen nachweisbar sind.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in dem im Jahr 2006 in Harste (LK Göttingen) angelegten Systemversuch Fruchtfolge (Bodentyp: pseudovergleyte Parabraunerde, Bodenart Ap-Horizont 0-30 cm: schwach-toniger Schluff, Ut2) durchgeführt. Es wurden die Fruchtfolgen ZR (Zuckerrübe)-WW (Winterweizen)-WW, SM (Silomais)-ZR-WW und ZR-WW-WR (Winterraps)-WW-WW-KE (Körnererbse) getestet. Vor ZR und SM wurde Senf und vor KE wurde Phacelia als Zwischenfrucht angebaut. Die Erntereste (ZR-Blatt, WW-, WR-, KE-Stroh) verblieben auf dem Feld. In einer zusätzlichen Variante der Fruchtfolge ZR-WW-WW wurden die Parzellen geteilt und das Rübenblatt wurde von der einen Hälfte auf die andere Hälfte gebracht. So können die Varianten „ohne Rübenblattdüngung (- Blatt)“, „einfache Rübenblattdüngung (+ Blatt)“ (Variante ohne Rübenblattabfuhr) und „doppelte Rübenblattdüngung (++) Blatt)“ verglichen werden. Der Versuch ist als Gitteranlage mit drei Feldwiederholungen zu je 6 Blöcken konzipiert. Die Bodenbearbeitung erfolgt in der Regel pfluglos auf 18-20 cm Bearbeitungstiefe.

Im Frühjahr 2018 wurde in ZR-Parzellen der C_{org} -Vorrat bestimmt. Dazu wurde je Parzelle vier Messwiederholungen angelegt. In diesen Messwiederholungen wurde jeweils eine gestörte Bodenprobe aus den Bodentiefen 0-10, 10-20, 20-30 und 30-40 cm zur Bestimmung des C_{org} -Gehaltes (ISO 10694:1995-03-01) entnommen. An zusätzlichen ungestörten Bodenproben (Stechzylinder, $V = 250 \text{ cm}^3$, $h = 5 \text{ cm}$, $n = 2$ je Tiefe und Messwiederholung, Bodentiefen 3-8, 13-18, 23-28 und 33-38 cm) wurde die Trockenrohdichte bestimmt (ISO 11272:1998). Für jede Messwiederholung wurde der C_{org} -Vorrat für die Bodentiefen 0-10, 0-20 und 0-30 cm kalkuliert und anschließend auf gleiche Bodenmassen nach dem von Ellert und Bettany 1995 beschriebenen Verfahren normiert. Abschließend wurden auf Variantenebene Werte ($n = 12$), welche mehr als die Standardabweichung vom Mittelwert differenzierten als Ausreißer markiert und eliminiert. Die varianzanalytische Auswertung (F-Test) und anschließende Mittelwertvergleiche (Tukey-Test) erfolgen über die Prozedur „mixed“ in SAS (Vers. 9.4, SAS Inst.).

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Ausreißerbereinigung ergeben sich unbalancierte Datensätze, die Grenzdifferenzen sind daher nicht einheitlich und variieren für jeden paarweisen Mittelwertvergleich. Je nach Bodentiefe betragen die Grenzdifferenzen mindestens 4,4 % bis maximal 13,1 % des mittleren C_{org} -Vorrates. Im Vergleich mit dem von Knebel et al. (2015) für einen anderen Versuch vorgefundenen Grenzdifferenzen von 3,7 % des Gesamt C_{org} -Vorrates sind die vorliegende Werte als hoch einzustufen. Dies ist vermutlich auf eine in der Versuchsflächengröße (5 ha) begründete starke Bodenheterogenität zurückzuführen. Differenzen im C_{org} -Vorrat konnten nur für die Bodentiefe 0-20 cm statistisch gesichert werden. Hier wies die Fruchtfolge SM-WW-ZR gegenüber der Fruchtfolge ZR-WW-WW mit doppelter Rübenblattdüngung (++) Blatt) sowie der Fruchtfolge ZR-WW-WR-WW-WW-KE einen signifikant geringeren C_{org} -Vorrat auf (Tab. 1). Durch weitere Analyse in 2019 sollen die vorgefunden Ergebnisse abgesichert werden.

Tabelle 1: Vorrat an organischem Kohlenstoff (C_{org}) in unterschiedlichen Fruchtfolgevarianten. Berechnung für gleiche Bodenmassen der Referenzbodentiefen 0-10 cm, 0-20 cm und 0-30 cm, unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Differenzen bei $p \leq 0,05$, n.s. – nicht signifikant.

Fruchtfolgevariante	C_{org} – Vorrat [$t\ ha^{-1}$] bei Bodenmasse von		
	1669 $t\ ha^{-1}$ (0-10 cm)	3211 $t\ ha^{-1}$ (0-20 cm)	4789 $t\ ha^{-1}$ (0-30 cm)
Sf_ZR-WW-WW	- 20,0 n.s.	38,3 ab	
Blatt			53,7 n.s.
+ Blatt	20,8	38,9 ab	55,6
++ Blatt	21,4	40,1 a	57,0
Sf_SM-WW-ZR	19,7	35,8 b	52,6
Sf_ZR-WW-WR-WW-WW-Pha_KE	20,1	39,4 a	56,6
Mittelwert (MW)	20,4	38,5	55,1
Grenzdifferenz (GD)	0,9-2,6	3,7-4,0	6,8-7,2
GD / MW	0,044-0,127	0,095-0,103	0,123-0,131

KE – Körnererbse, Pha – Zwischenfrucht Phacelia, Sf – Zwischenfrucht Senf, SM – Silomais, WR – Winterraps, WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrüben; - Blatt – ohne Rübenblattdüngung, + Blatt – einfache Rübenblattdüngung, ++ Blatt – doppelte Rübenblattdüngung

Literatur

- Ellert, B. H.; Bettany, J. R. (1995): Calculation of organic matter and nutrients stored in soils under contrasting management regimes. Can. J. Soil Sci. 75, S. 529–538.
- Knebel, L.; Leithold, G.; Brock, C. (2015): Improving minimum detectable differences in the assessment of soil organic matter change in short-term field experiments. J. Plant Nutr. Soil Sci. 178 (1), S. 35–42.
- ISO 11272:1998: Soil quality - Determination of dry bulk density.
- ISO 10694:1995-03-01: Soil quality - Determination of organic and total carbon after dry combustion (elementary analysis).

Bewertung von erweiterten Raps-Fruchtfolgen aus ökonomischer Sicht

Andrea Ziesemer

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

Einleitung

Die Produktion von Raps ist ein wesentlicher Bestandteil des Ackerbaus in Mecklenburg-Vorpommern (MV). Im Mittel der Jahre 2012-2016 wurden 22% des Ackerlandes für die Erzeugung von Rapsöl verwendet (1). Die Anbaufläche im Erntejahr 2019 ging auf rund 16% zurück (1). Der Beitrag zum Einkommen landwirtschaftlicher Betriebe sank von 20% in den Jahren 2012-2016 auf 15% im Jahr 2017 (2).

Die hohe Anbaukonzentration von Raps trug zu diesen Entwicklungen bei. Der größte Teil des Rapsanbaues fand in Fruchtfolgen mit Anteilen von 25 bis 30% statt. Auch Fruchtfolgeanteile von 33% waren festzustellen.

Vor diesem Hintergrund müssen Anpassungen an den Anbausystemen vorgenommen werden. Vorrangig geht es um eine Erweiterung der Fruchtfolgen, sodass die Anbauabstände für den Raps größer werden.

Material und Methoden

Die Modellierung von Fruchtfolgen in MV erfolgte für die Erntejahre 2012 bis 2017 auf der Grundlage der Daten aus den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV. Nach ihrer Vorfruchtstellung wurden die Fruchtarten mit den dazugehörigen Erträgen, Aufwendungen für Saatgut und Pflanzenschutz sowie der Höhe der Stickstoff- und Schwefeldüngung zusammengestellt. Die Berechnung der Düngungskosten für Phosphor und Kalium erfolgte nach Entzug, für Kalk nach Bodengehaltsklasse sowie auf Basis mittlerer Preise des Erntejahres 2017/18. Silomais erhielt neben dem mineralischen Dünger 30 m³ Gülle, die monetär nicht bewertet wurden. Die Kalkulation der variablen Maschinenkosten erfolgte mit KTBL-Daten. Als Erzeugerpreise kamen Preise des Erntejahres 2018 (Marktinformation Ost, 27. KW) zur Anwendung. Es werden immer die Mittelwerte vollständiger Rotationen miteinander verglichen.

In allen Fruchtfolgen wurde die Stickstoffdüngung den Vorgaben der neuen Düngeverordnung (DüV_{neu}) angepasst. Auf Basis der Produktionsfunktionen aus langjährigen Stickstoffsteigerungsversuchen der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei MV wurden die Ertragsauswirkungen kalkuliert.

Berücksichtigung fand die Verpflichtung der Betriebe (> 15 ha Ackerfläche), 5% ihrer Ackerfläche als ökologische Vorrangflächen (ÖVF) vorzuhalten. Ohne Anbau von Zwischenfrüchten oder Körnerleguminosen wurde die Erbringung der ÖVF durch Brache (3%, Rest Landschaftselemente) kalkuliert. Die unterschiedlichen Gewichtungsfaktoren der einzelnen Maßnahmen flossen in die Fruchtfolgekalkulation ein.

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten Schritt wurden die typischen Fruchtfolgen Raps-Weizen-Gerste und für die leichten Böden zusätzlich Raps-Weizen-Roggen ermittelt. Sie dienen als Vergleichsmaßstab. Fruchtfolgen mit Silomais sowie Zwischenfrüchten belegen auf

beiden Standorten vordere Plätze. Neben Mais ist Hafer die Getreideart, mit der enge Fruchtfolgen aufgelockert werden können. Wirtschaftlich schneiden sie sehr gut ab. Werden Zwischenfrüchte integriert, sinkt der Deckungsbeitrag um weniger als 10 €/ha. Beim Sommergetreidebau besteht auf den leichten Böden immer die Gefahr von Ertragsminderungen durch Vorsommertrockenheiten. Zu geringe Sommergetreide-erträge lassen die Vorzüglichkeit dieser Fruchtfolgen deutlich sinken. Auf den besseren Böden liegt die Fruchtfolge mit Zuckerrüben auf dem Rang der Hafer-Rotation.

Deutlich schlechter schneidet bei Ackerzahlen unter 34 der Roggenanbau ab. Geringe Erträge und Preise des Roggens führen zu diesem Ergebnis.

Zwar lockern Körnerleguminosen die Fruchtfolgen auf, helfen bei der Lösung vielfältiger Probleme wie z.B. Bekämpfung von Ackerfuchsschwanz, jedoch schneiden diese Rotationen wirtschaftlich am schlechtesten ab. Das große Problem sind die geringe Ertragssicherheit und die Vermarktung. Vorteile bringt eine innerbetriebliche Verwertung. Pluspunkte sind die Anrechnung der Körnerleguminosen für das Greening und eine mögliche Einordnung in Agrar-Umweltmaßnahmen.

Es zeigt sich, dass erweiterte Fruchtfolgen sehr gute wirtschaftliche Ergebnisse erzielen. Jedoch ist die Anzahl möglicher Anbaualternativen begrenzt.

Tabelle 1: Deckungsbeiträge von Fruchtfolgen

Fruchtfolgen	Bessere Böden AZ: 34-59	Leichte Böden AZ: 28-33
	DB ¹⁾ €/ha	DB ¹⁾ €/ha
WRa-WW-WG	680	617
WRa-WW-WRo	-	585
WRa-WW-Ha-WW	681	596
WRa-WW-Ha+ZWF ²⁾ -WW	676	589
WRa-WW-SM-WW	693	617
WRa-WW+ZWF ²⁾ -SM-WW	701	623
WRa-WW-ZR-WW	681	-
WRa-WW-Kö.Leguminose ³⁾ -WW-WG	645	534

¹⁾ Deckungsbeitrag

²⁾ Zwischenfrucht

³⁾ AZ 34-59: Futtererbse; AZ 28-33: Lupine

Literatur

- (1) Statistisches Amt Mecklenburg-Vorpommern (2012-2019): Statistische Berichte, Wachstumsstand und Ernte
- (2) Annen, Thomas (2019): Testbetriebsergebnisse des Landes M-V 2017/2018, www.landwirtschaft-mv.de/Fachinformationen/Agraroeconomie/Buchführungsergebnisse

Vergleich der Vorfruchtwirkung von Soja, Körnererbsen und nichtlegumen Vorfrüchten auf Ertrag und Qualität von Winterweizen im ökologischen Landbau

Andreas F. Butz¹, Benedikt Paeßens³, Georg Salzeder² und Peer Urbatzka²

¹Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg/Referat 11 Pflanzenbau, Rheinstetten;

²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft/Institut für Agrarökologie, Freising. ³Bundessortenamt, Referat 219, Haßloch/Pfalz. E-Mail: andreas.butz@ltz.bwl.de

Einleitung

In den letzten Jahren hat, besonders im Süden Deutschlands, eine Zunahme der Sojaanbaufläche stattgefunden. Dem liegen eine intensive Anbauberatung und die erfolgreiche Züchtung standortangepasster Sorten sowie ein Nachfragemarkt für ökologisch erzeugte Sojabohnen zugrunde, insbesondere zur Verwendung für Lebensmittel. Durch die biologische N₂-Fixierung ist gerade bei Leguminosen neben den Ertragsleistungen, insbesondere im ökologischen Landbau, die Vorfruchtwirkung von erheblicher Bedeutung. Im Gegensatz zu den etablierten Körnererbsen ist für Sojabohnen die Vorfruchtwirkung unter günstigen Anbaubedingungen Süddeutschlands noch nicht geklärt. Ziel der Untersuchung war es daher zu prüfen, ob die Hypothesen stimmen, dass die Leguminose Soja zu höheren Erträgen und Proteingehalten bei der Nachfrucht Winterweizen im Vergleich zu der Vorfrucht Erbse und den Referenz-Vorfrüchten Sommergetreide und Silomais führen.

Die Bestimmung der Vorfruchtwirkung von Soja und Körnererbsen, im Vergleich zu den nichtlegumen Vorfrüchten, auf die Nachfrucht Winterweizen erfolgte im Rahmen des Projektes FixVorSaat Soja, das von der Bundesanstalt für Landwirtschaft gefördert und in Zusammenarbeit vom Landwirtschaftlichen Technologiezentrum Augustenberg mit der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft durchgeführt wurde.

Material und Methoden

Auf zwei ökologisch bewirtschafteten Standorten: Forchheim am Kaiserstuhl (FaK, BW) und Hohenkammer (Hoh, BY) wurden in einer vierfach wiederholten Blockanlage mit je zwei Körnererbsensorten (KE) (*Alvesta* und *Salamanca*), Sojabohnensorten (SJ) (*ES Mentor* (Reifegruppe 00) und *Merlin* (Reifegruppe 000)), Silomaisorten (SM) (*Saludo* (S210), (S240)) sowie den Sommergetreiden (SG) Sommergerste (*Grace*) am Standort Forchheim am Kaiserstuhl bzw. Hafer (*Aragon* (2015), *Max* (2016 und 2017)) am Standort Hohenkammer die Vorfruchtwirkung auf Winterweizen (*Florian*) in den Jahren 2016 bis 2018 bestimmt. Die Vorfruchtwirkung wurde anhand des Ertrags und der Qualität des Winterweizens, sowie anhand des N_{min}-Gehaltes zu Vegetationsende und Vegetationsbeginn ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen fiel in den Versuchen nach den Körnerleguminosen Soja und Erbsen in vier bzw. fünf der sechs Umwelten im Vergleich zum Sommergetreide bzw. Silomais höher aus (Tabelle 1). Es konnten Mehrerträge von bis zu 31 dt ha⁻¹ erzielt werden, im Mittel der Umwelten lagen die Mehrerträge gegenüber dem Sommergetreide bei 12 dt ha⁻¹ und bei dem Silomais bei 16 dt ha⁻¹. Erbsen und Soja als Vorfrucht führten zu höheren Proteingehalten beim Weizen in nur zwei von sechs Umwelten. Ursache für den höheren Kornertrag sowie die Steigerung der Proteingehalte war neben den unterschiedlichen Mengen

an mineralischem Stickstoff im Boden zum Vegetationsende eine unterschiedlich schnelle Umsetzung und Mineralisation der Stickstoffmengen aus den Ernteresiduen während der Vegetation, da das C/N-Verhältnis bei Körnerleguminosen niedriger als bei Getreide ist. Zum Vegetationsende lagen gerade bei den Erbsen mit der Ausnahme einer Umwelt signifikant höhere $N_{\min}$ -Gehalte im Mittel von $+54 \text{ kg N ha}^{-1}$ im Vergleich zu den nichtlegumen Kulturen vor. Bei der Soja hingegen war nur in zwei Umwelten ein höherer $N_{\min}$ -Gehalt im Mittel von $+29 \text{ kg N ha}^{-1}$ zum Vegetationsende zu beobachten. Zum Vegetationsbeginn unterschieden sich in fünf von sechs Umwelten die Körnerleguminosen als Vorfrucht hinsichtlich des $N_{\min}$ -Gehaltes nicht von den nichtlegumen Vorfrüchten. Der beobachtete Vorfruchteffekt ist für Erbsen im Vergleich zu Nichtleguminosen gut in der Literatur für Deutschland und Luxemburg beschrieben (u.a. Zimmer et al. 2015, Urbatzka et al. 2009). Dagegen stellten Zimmer et al. (2015) nach Soja im Vergleich zu einer Nichtleguminose keinen bzw. in einem von zwei Jahren einen höheren Ertrag im nachfolgenden Getreide fest. Dieser Unterschied in der Vorfruchtwirkung von Soja, im Vergleich zur Literatur, ist vermutlich auf unterschiedlich günstige Standorte für Soja mit den vergleichsweise hohen Ansprüchen an die Temperatur zurückzuführen. In einer der sechs Umwelten erzielte der Weizen nach Erbsen höhere Erträge als nach Soja. Ursache könnten höhere $N_{\min}$ -Werte nach Erbsen vor dem Winter sein, da hier vermutlich ein Teil der Ernteresiduen aufgrund der früheren Ernte bereits mineralisiert wurde. Auch Zimmer et al. (2015) stellten nach Sommererbsen einen höheren Kornertrag der Nachfrucht Winterweizen im Vergleich zu Soja in einem von zwei Jahren fest.

Tabelle 1 Ertrag von Winterweizen in Abhängigkeit der verschiedenen Vorfrüchte an den Standorten Forchheim a.K. (FaK) und Hohenkammern (Hoh) in den Jahren 2015-2017.

Ertrag Winterweizen dt ha^{-1} in 86 % TM												
	2015				2016				2017			
	KE	SJ	SG	SM	KE	SJ	SG	SM	KE	SJ	SG	SM
FaK	34 ^{de}	32 ^{def}	25 ^f	25 ^f	59 ^a	52 ^{ab}	41 ^{cd}	35 ^{de}	45 ^{bc}	39 ^{cd}	36 ^{cd}	30 ^{fe}
Hoh	35 ^{DE}	37 ^{CDE}	24 ^F	23 ^F	73 ^A	61 ^B	49 ^{BC}	42 ^{CDE}	49 ^{BC}	45 ^{CD}	35 ^{EF}	31 ^{EF}

Die Buchstaben geben signifikante Unterschiede im jeweiligen Jahr an (HSD Test $p < 0,05$)

Die Ergebnisse zeigen, dass Körnerleguminosen Vorteile als Vorfrucht vor Winterweizen gegenüber Sommergetreide oder Silomais haben. Hierbei ist aus Umweltsicht die Sojabohne gegenüber einer Erbse ohne Zwischenfrucht wegen ihrem geringeren Risiko der $N_{\min}$ Auswaschung von Vorteil.

Literatur

- Urbatzka P, Graß R, Haase T, et al (2009) Fate of legume-derived nitrogen in monocultures and mixtures with cereals. *Agric Ecosyst Environ* 132:116–125
- Zimmer S, Haase T, Stoll E, et al (2015) Korn- und Proteinerträge verschiedener Körnerleguminosenarten in Reinsaat und im Gemengeanbau sowie deren Vorfruchtwirkung auf Winterweizen. In: 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau. Eberswalde, S. 190–193

Ober- und unterirdische Biomassebildung sowie N-Aufnahme von Zwischenfrüchten und dessen Einfluss auf den N_{min}-Verlauf

Alexander Stracke und Heinz-Josef Koch

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

Einleitung

In der landwirtschaftlichen Nutzpflanzenproduktion stehen zunehmend Themen wie Klimaschutz und Schutz des Grundwassers vor Nitratreintrag im Vordergrund (Kaye und Quemada 2017). Zwischenfruchtanbau kann in ackerbaulichen Produktionssystemen potentiell zu einer Minderung von N-Verlagerung in tiefere Bodenschichten führen und einer N-Auswaschung vorbeugen (Sieling 2019; Askegaard et al. 2005). Hierbei können unterschiedliche Zwischenfruchtarten unterschiedliche N-Mengen aufnehmen, die nachfolgend mineralisiert und die N-Versorgung, das Wurzelwachstum sowie die Ertragsbildung der Folgekulturen beeinflussen können. Diese Effekte sind zurzeit nur schwer quantitativ abzuschätzen. Im günstigen Fall kann in den Folgefrüchten die Stickstoffdüngung ohne Ertragsrückgang vermindert werden. Ziel der Studie ist die Quantifizierung und Optimierung der positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus in der landwirtschaftlichen Nutzpflanzenproduktion.

Material und Methoden

In einem Feldversuch (vollständig randomisierte Blockanlage) in Hevensen in der Nähe von Göttingen wurden vier Zwischenfruchtarten (Rauhafer (*Avena strigosa*), 2 x Ölrettich (*Raphanus sativus* var. *Oleiformis*), Sommerwicke (*Vicia sativa*) und Winterroggen (*Secale cereale*)) am 29.08.2018 gedreht sowie eine Variante Brache angelegt. Die Vorfrucht war Erbse (*Pisum sativum*). Ab den 30.08.2018 wurden über die gesamte Vegetationsperiode N_{min}-Beprobungen im Wechsel zwischen 0-90 und 0-30 cm Tiefe im zweiwöchigen Abstand durchgeführt. Der Aufwuchs (Spross) wurde je Parzelle auf vier x 0,5 m² Fläche sowie die Sprossbasis auf einer 0,5 m² großen Fläche beprobt. Die Wurzelproben wurden mithilfe von Rammkernsonden (Monolithmethode) gewonnen. Es wurden vier Einstiche jeweils zwischen und in der Reihe durchgeführt. Anschließend wurde von allen Spross- sowie Wurzelproben FM und TM bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Zum Zeitpunkt der Aussaat lagen mit 164 kg N/ha in der Variante Sommerwicke und 152 kg/ha unter Ölrettich hohe N_{min}-Werte vor. Bis Dezember sanken diese in den Varianten Ölrettich, Rauhafer und Winterroggen deutlich ab, während unter Sommerwicke noch Werte von über 100 kg N/ha und unter Brache von über 200 kg N/ha vorlagen. Bis März wurde unter Ölrettich, Rauhafer und Sommerwicke ein Anstieg gefunden. Demgegenüber blieb der N_{min}-Wert unter Winterroggen niedrig. Im Verlauf der Werte unter Brache (25.10.2018 bis 12.03.2019) wird deutlich, dass sich das Nitrat von der oberen Bodenschicht 0-30 cm über 30-60 cm in 60-90 cm und vermutlich in noch tiefere Bodenschichten verlagert hat (Abb. 1).

Winterroggen erzielte im Herbst die höchste und Sommerwicke die geringste ober- sowie unterirdische Trockenmasse. Beide Varianten unterschieden sich signifikant von allen anderen Zwischenfrüchten. Diese Ergebnisse bestätigen, dass durch den Anbau von Zwischenfrüchten eine Verlagerung von Stickstoff in tiefere Bodenschichten über Winter vermieden werden kann. Weitere Untersuchungen werden zur N-Aufnahme der jeweiligen Zwischenfrucht sowie N-Nachlieferung in den

Folgekulturen Zuckerrübe und Mais im ersten und Winterweizen im zweiten Folgejahr folgen (Tab. 1).

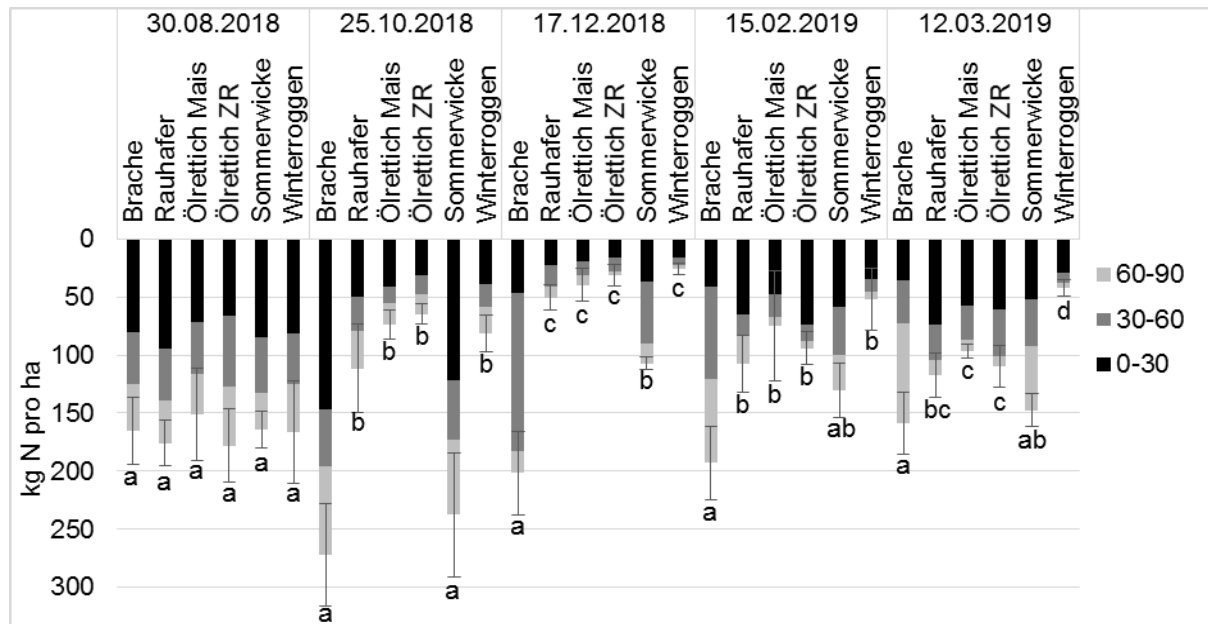


Abb. 1: N_{min} Verlauf in 0-90 cm Tiefe von der Zwischenfruchtaussaat bis zur Aussaat der Folgekultur am Standort Hevensen (Göttingen). Fehlerbalken zeigen die Standardabweichung ($n=4$). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den jeweiligen Zwischenfruchtvarianten an einem Termin ($p < 0,05$, Tukey).

Tab. 1: Spross- sowie Wurzeltrockenmassen der einzelnen Zwischenfruchtvarianten am Standort Hevensen 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede in der gesamten oberirdischen Biomasse ($p < 0,05$, Tukey).

Variante	- - - Spross in kg/ha - - -			- - - - - Wurzel in kg/ha - - - - -			
	Spross-basis	Spross	Signi-fikanz	0-20 cm	20-40 cm	40-50 cm	Signi-fikanz
Rauhafer	413	3390	b	406	140	9	a
Ölrettich	281	3752	b	515	65	8	a
Ölrettich	275	3603	b	528	80	12	a
So-Wicke	247	1638	c	195	62	3	b
Wi-Roggen	674	3546	a	716	169	17	c

Literatur

Askegaard, M.; Olesen, J. E.; Kristensen, K. (2005): Nitrate leaching from organic arable crop rotations: effects of location, manure and catch crop. *Soil Use Management* 21, 181–188. DOI: 10.1079/SUM2005315.

Kaye, Jason P.; Quemada, Miguel (2017): Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37, e109587. DOI: 10.1007/s13593-016-0410-x.

Klaus Sieling (2019): Improved N transfer by growing catch crops - a challenge. *Verbesserter N-Transfer durch Zwischenfrüchte - eine Herausforderung. Journal für Kulturpflanzen* 71, 145–160.

Diese Arbeiten wurden im Rahmen des Verbundprojektes THG-ZWIFRU durchgeführt, gefördert durch das Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages (KLIMAGRAR: www.unter-2-grad.de).

Einfluss legumer Zwischenfrüchte auf die Blaue Lupine hinsichtlich bodenbürtiger Krankheitserreger

Andrea Winterling¹, Anna Ostermayr und Peer Urbatzka¹

¹Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising; E-Mail: andrea.winterling@lfl.bayern.de

Einleitung

Leistungsfähige Leguminosenbestände sind besonders im ökologischen Landbau essentiell für die Stickstoffversorgung der Nachfrüchte sowie für die Deckung des Bedarfes mit Eiweißpflanzen. Deren Kultivierung sind jedoch oftmals durch das Auftreten der sogenannten Leguminosenmüdigkeit Grenzen gesetzt. Diese wird nach aktuellem Kenntnisstand v. a. durch fruchtfolgebedingte Pilzkrankheiten hervorgerufen (Schmidt et al., 2014). Das Wissen über Anbaupausen und negativer Beeinflussung zwischen verschiedenen Leguminosenarten ist hinsichtlich Bodenmüdigkeit gering. In zwei Gefäßversuchen wurde deshalb an der Bayerischen Landesanstalt für Landwirtschaft der Einfluss verschiedener legumer Zwischenfrüchte auf die Hauptfrucht Blaue Lupine untersucht.

Material und Methoden

Für die Versuche wurden eine Anzuchterde und Boden von einem erbsenmüden Schlag (sL, Fruchtfolge s. Tab. 1) im Verhältnis 1:1 verwendet. In je acht Gefäße mit einem Volumen von ca. fünf Litern wurden Mitte Oktober 2017 bzw. Ende April 2018 sechs legume Zwischenfrüchte (Ackerbohne, Alexandrinerklee, Blaue Lupine, Erbse, Rotklee, Sommerwicke) gesät. Als Kontrolle wurde eine Variante mit Sommerraps (Versuch 1 (V1)) bzw. ohne Zwischenfrucht (Versuch 2 (V2)) geführt. Acht (V1) bzw. sieben Wochen nach Aussaat (V2) wurden die Zwischenfrüchte geerntet, die vollständige oberirdische Biomasse variantenweise kleingeschnitten, mit der entsprechenden Erde gemischt, gesiebt und wieder in acht Gefäße gefüllt. Die Blaue Lupine in Hauptfruchtstellung (Sorte 'Boregine') wurde am 22.12.2017 (V1) bzw. am 26.6.2018 (V2) gesät (einfaktorielle Blockanlage, vier Wiederholungen). An mehreren Terminen wurde der Krankheitsbefall bonitiert und die Krankheitserreger im Labor bestimmt. Die Ernte der Blauen Lupine erfolgte nach zehn Wochen im BBCH 35-38 (V1) und nach neun Wochen im BBCH 69 (V2). Zur Feststellung der Menge an unterirdischer Biomasse wurden die Wurzeln topfweise mit Wasser von der Erde befreit. Zur Ernte wurde die Pflanzenzahl erfasst und die Läsionsausbreitung an der Stängelbasis sowie der Gewebezustand der Hauptwurzel nach Pflughöft (2008) bonitiert. Die Auswertung der Daten erfolgte mit der Prozedur GLM in SAS 9.3.

Tab. 1: Fruchtfolge des erbsenmüden Bodens (2008-2017)

2017	2016	2015	2014	2013	2012	2011	2010	2009	2008
LUB	TIW	WW	L	TIW	WW	L	TW	RW (Zwischenfrucht WIS)	WS

LUB = Blaue Lupine, WW = Winterweizen, L = Feinsamige Leguminosen/Klee-Gras, TIW = Wintertriticale, RW = Winterroggen, WIS = Sommerwicke, WS = Sommerweizen

Ergebnisse und Diskussion

Die Blaue Lupine zeigte in beiden Gefäßversuchen in allen Varianten eine hohe Anfälligkeit gegenüber bodenbürtigen Krankheitserregern (v. a. verschiedene *Fusarium*-Arten, *Phytophthora ultimum*, *Rhizoctonia solani*). Insbesondere in Selbstfolge traten im ersten Gefäßversuch vermehrt Krankheiten auf (Tab. 2).

Nach Blauer Lupine als Zwischenfrucht waren deshalb im ersten Versuch sowohl der ober- als auch der unterirdische Biomasseertrag und die Pflanzenzahl der Blauen Lupine in Hauptfruchtstellung im Vergleich zu den Varianten Futtererbse, Kontrolle und Sommerwicke als auch die Anzahl Pflanzen für Alexandrinerklee signifikant reduziert. Der Krankheitsbefall war signifikant höher als in allen anderen Varianten. Nach Futtererbse waren die Erträge am höchsten (teilweise signifikant) und der Krankheitsbefall am geringsten und vergleichbar mit der nicht-legumen Kontrolle Sommerraps. Im zweiten Versuch war der oberirdische Biomasseertrag sowohl nach Blauer Lupine als auch nach Ackerbohne signifikant geringer als in den anderen Varianten. Hinsichtlich des unterirdischen Biomasseertrags, der Pflanzenzahl und der Ausprägung der Fußkrankheiten gab es jedoch keinen statistischen Unterschied zwischen den verschiedenen Zwischenfruchtvarianten (Daten nicht dargestellt).

Tab. 2: Biomasse, Pflanzenzahl und Krankheitsausprägung bei der Blauen Lupine

Zwischenfrucht-varianten	Versuch 1						Versuch 2
	OBm ¹	UBm ²	Krankheits- befall*	Pflanzen- zahl**	Läsions- ausbreitung**	Gewebe- zustand**	OBm ¹
	g TM/ Topf		Bonitur (1-5)***	Anzahl/ Topf	Bonitur (1-9)***		g TM/ Topf
Futtererbse	1,26 ^A	0,05 ^A	3,2 ^A	9,8 ^A	6,5 ^A	6,4 ^A	5,61 ^A
Kontrolle	1,12 ^{AB}	0,04 ^{AB}	3,2 ^A	9,5 ^A	6,9 ^A	6,8 ^A	6,26 ^A
Sommerwicke	0,90 ^{AC}	0,03 ^{AB}	3,6 ^B	7,3 ^{AB}	7,7 ^B	7,6 ^B	6,31 ^A
Alexandrinerklee	0,58 ^{AD}	0,02 ^{BC}	3,8 ^C	5,4 ^{AB}	8,0 ^{BC}	7,9 ^{BC}	6,43 ^A
Rotklee	0,43 ^{BD}	0,015 ^C	4,1 ^D	4,6 ^{BC}	8,3 ^{BC}	8,3 ^{BC}	5,46 ^A
Ackerbohne	0,26 ^{CD}	0,01 ^C	4,2 ^D	3,1 ^{BC}	8,5 ^{BC}	8,5 ^{BC}	4,04 ^B
Blaue Lupine	0,05 ^D	0,01 ^C	4,7 ^E	0,4 ^C	8,9 ^C	9,0 ^C	3,37 ^B

Verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede, n.s. = nicht signifikant (SNK-Test, $p < 0,05$); ¹ Oberirdische Biomasse, ² Unterirdische Biomasse; * Auswertung als Messwiederholung über die Zeit, ** zur Ernte der Hauptfrucht Blaue Lupine, *** Boniturnoten von 1 bis 5 bzw. 9, wobei 1 = keine sichtbaren Symptome und 5 bzw. 9 = abgestorben

Die Ergebnisse bestätigen die Notwendigkeit von Anbaupausen bei Blauen Lupinen auch im Hinblick auf die Kombination Haupt- und Zwischenfruchtanbau (derzeitige Empfehlung im Hauptfruchtanbau nach SCHACHLER et al. (2016) mindestens vier Jahre). Mit der Futtererbse zeigte die Blaue Lupine in diesen Versuchen eine gute Verträglichkeit. Aufgrund der Ergebnisse und ähnlicher Standortansprüche (vorbehaltlich eines pH-Wertes $< 6,5$) wäre es zur gezielten Vorbeugung von bodenbürtigen Krankheiten denkbar, die Fruchtfolge durch einen Wechsel der Blauen Lupine mit der Futtererbse als Hauptfrucht aufzulockern. Weitergehende Untersuchungen zur Absicherung der Ergebnisse sind nötig.

Literatur

- Pflughöft O. (2008): Pilzkrankheiten in Körnerfuttererbsen (*Pisum sativum* L.) - Diagnose, Epidemiologie, Ertragsrelevanz und Bekämpfung. Dissertation, Georg-August-Universität Göttingen, 230 S.
- Schachler B., Schmiechen U., Sauermann W. (2016): Anbauratgeber Blaue Süßlupine. UVOP-Praxisinformation, Berlin, 16 S.
- Schmidt H., Fuchs J., Möller D., Wolf D. (2014) Schlagauswahl. In: Körnerleguminosen und Bodenfruchtbarkeit. Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (Hrsg.), Bonn, S. 9-13.

Minderung von Treibhausgasemissionen in der Pflanzenproduktion durch optimierte Zwischenfruchtanbausysteme

Thomas Räbiger¹, Gerhard Baumgärtel², Klaus Dittert³, Heinz Flessa⁴, Anette Hoffman², Lisa Idler⁵, Heinz-Josef Koch⁶, Simone Merl⁴, Victoria Nasser³, Ingo Pahlmann¹, Reiner Ruser⁵, Michaela Schlathölter⁷, Alexander Stracke⁶ und Henning Kage¹

¹Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung/Christian-Albrechts-Universität, Kiel

²Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Hannover

³Department Nutzpflanzenwissenschaften/Georg-August-Universität, Göttingen

⁴Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig

⁵Institut für Kulturpflanzenwissenschaften/Universität Hohenheim, Stuttgart

⁶Institut für Zuckerrübenforschung, Göttingen

⁷P. H. Petersen Saatucht Lundsgaard GmbH, Grundhof

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

Einleitung

Zwischenfrüchte können nicht nur das Risiko der N-Auswaschung im Herbst verringern (Henke et al. 2008). Sie haben auch das Potential, durch geringere Denitrifikation im Herbst und Winter, verringerte indirekte Lachgasemissionen nach N-Auswaschung und niedrigeren Düngereinsatz in der Folgekultur die Treibhausgasemissionen des Pflanzenbaus zu reduzieren. So schlussfolgern Kaye & Quemada (2017) in ihrem Review, dass die THG-Einsparung von Zwischenfrüchten höher anzusetzen ist als diejenige durch reduzierte Bodenbearbeitung.

Dabei ist es besonders wichtig, dass die erneute Freisetzung des in den Zwischenfrüchten gebundenen Stickstoffs in den Folgekulturen gut abgeschätzt und in der Düngeempfehlung berücksichtigt werden kann. In der Praxis zeigten Versuche dazu jedoch nur wenig Effekt in der ersten Folgefrucht, häufig scheint auch noch im Frühjahr ein N-Immobilisationseffekt vorzuliegen (Hauer et al. 2016). Dieser Themenkomplex wird aktuell in einem neuen Projektverbund unter Koordination der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel bearbeitet.

Zielstellung

Ziel ist es, die Minderung von Treibhausgasemissionen aus der Landwirtschaft durch die Quantifizierung und Optimierung der positiven Effekte des Zwischenfruchtanbaus zu erforschen. Dazu wurden im August 2018 an vier Standorten Systemversuche mit einheitlichen Zwischenfrüchten (Ölrettich, Rauhafer, Wicke, Winterroggen) nach der Vorfrucht Winterraps angelegt.

Der Fokus des Projektes liegt dabei auf drei Wirkpfaden, entlang derer standortangepasste Zwischenfruchtanbausysteme zum Klimaschutz beitragen können: Reduktion der direkten N₂O-Emissionen, verringerte Nitratausträge mit dem Sickerwasser und damit einhergehend verringerte indirekte N₂O-Emissionen sowie ein reduzierter N-Düngebedarf in den Folgekulturen (hier Mais bzw. Zuckerrübe als 1. Folgekultur und Winterweizen als 2. Folgekultur), der ebenfalls zu verringerten THG-Emissionen führt (siehe Abb. 1).

Ferner sollen im Projekt praxistaugliche Methoden zur Abschätzung der in der Zwischenfruchtbiomasse gebundenen N-Mengen sowie der in den Folgekulturen zu erwartenden N-Freisetzung für unterschiedliche Zwischenfruchtarten und -bestände entwickelt werden. Darüber hinaus soll anhand des im Projekt quantifizierten Klimaschutzpentials des Zwischenfruchtanbaus dargelegt werden, welche

Weiterentwicklungen im Bereich der THG-Inventarisierung erforderlich werden und in welcher Weise z.B. Agrarumweltmaßnahmen mit Förderung des Zwischenfruchtanbaus zum Klimaschutz beitragen können.

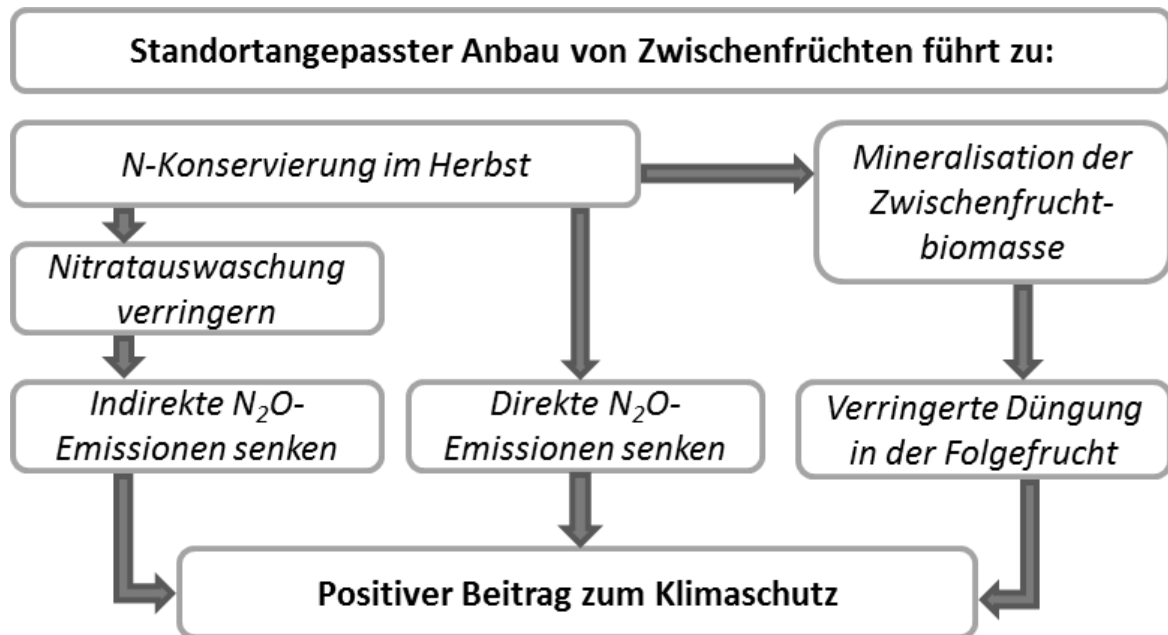


Abb. 1: Fließschema zu Zielen des standortangepassten Zwischenfruchtanbaus

Der Einsatz von Simulationsmodellen kann direkt oder indirekt dazu beitragen, die zeitliche Dynamik der N-Freisetzung/Immobilisierung zu prognostizieren. Die hierbei entscheidenden Prozesse sind die C/N-Mineralisation der Zwischenfruchtbiomasse und des Bodenumus, die mit dem Wasserhaushalt gekoppelte N-Verlagerung von Stickstoff und die N-Aufnahmedynamik der Folgefrüchte.

Literatur

- Hauer, M., Koch, H.-J., Mittler, S., Windt, A., Krüssel, S., Schlinker, G., Wollenweber, D., Rustemeyer, C., Märländer, B. (2016a): Zwischenfruchtanbau, Sortenwahl, N-Düngung: Wirkung auf N-Versorgung und Ertrag von Zuckerrüben sowie auf die Nematodendichte. *Sugar Industry* 141 (1) S. 44 – 52
- Henke, J., Böttcher, U., Neukam, D., Sieling, K., Kage, H. (2008): Evaluation of different agronomic strategies to reduce nitrate leaching after winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) using a simulation model. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 82 (3): 299–314.
- Kaye, J.P., Quemada, M., (2017): Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 37, 4

Effect of intercropping and fertilizer application on growth and productivity of fenugreek in semi-arid condition

Aliyeh Salehi^{*1,2}, Sina Fallah¹ and Hans-Peter Kaul²

¹Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

²Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, Austria

*E-Mail corresponding author: aliyeh.salehi@boku.ac.at

Introduction

Scientists and farmers strive for innovative future cropping systems allowing for sustainable intensification to feed the increasing population in a changing world. These include the planting of perennial crops or cultivating legumes, applying organic fertilizers and adopting multi-cropping systems (Branca et al., 2013; Salehi et al., 2018). Recently, intercropping is gaining interest as a strategy to contribute to sustainable agriculture and also to enhance yields, productivity and soil fertility (Scalise et al., 2015). Intercropping with legumes can particularly enhance soil fertility by increasing soil nitrogen (N) through N-fixing rhizobacteria, thereby allowing more fixed N to remain in the upper soil layers and be plant available (Chapagain and Riseman, 2014). In intercrops with non-legumes, application of fertilizers to obtain an optimal yield is essential. Application of organic manure is an important strategy to maintain soil fertility, close nutrient cycles and reduce dependence on industrially manufactured fertilizers. Due to the essential nutrients and other benefits they are effective in improving the quality of the soil, soil health, and crop productivity (Bajeli et al., 2016; Salehi et al., 2017). Therefore, the objective of this study was to compare the application of different fertilizer types on seed yield and above ground dry matter (AGDM) of fenugreek in sole crop and intercropped with buckwheat.

Material and Methods

A two-year field experiment was conducted to determine the effects of different intercropping ratios and fertilizer types on the seed yield and above ground dry matter (at flowering stage) of fenugreek at the research farm of Shahrekord University, Iran. The treatments consisted of sole cropping of fenugreek (Sole F) and three intercropping ratios (F:B = 1:2, 1:1 and 2:1) under three fertilizer types: chemical fertilizer (CF), integrated fertilizer (IF) and broiler litter (BL). A comprehensive information on experimental set-up, management and sampling is provided in Salehi et al. (2017 and 2018).

Results and Discussion

Our results indicated that intercropping improved productivity of fenugreek compared to sole cropping, and broiler litter or integrated fertilizer were the more effective fertilizer types especially in intercrops. The intercrops with F:B = 2:1 had a seed yield and above-ground dry matter yield advantage compared to the pure crop stands of both crops. One reason for the higher biomass and seed yield with increasing share of fenugreek may be that there is more N available through N-fixation as fenugreek is a legume (Salehi et al., 2017). Broiler litter or integrated fertilizer were more effective in increasing productivity and growth of fenugreek compared to chemical fertilizer. It could be attributed to the positive effect of organic fertilizers to provide an optimum balance between N and P in the calcareous soils of the study site for optimum plant growth, and also improving the soil chemical, physical and biological properties as compared to the chemical fertilizers (Salehi et al., 2017, 2018). Thus, growing

fenugreek in intercrops fertilized with broiler litter can be beneficial for increasing seed yield and biomass production in semi-arid environments.

References

- Bajeli, J., Tripathia, S., Kumara, A., Tripathia, A., Upadhyayba, R.K. (2016). Organic manures a convincing source for quality production of Japanese mint (*Mentha arvensis* L.). Ind. Crop Prod. 83, 603–606.
- Branca, G., Lipper, L., McCarthy, N., Jolejole, M.C. (2013). Food security, climate change, and sustainable land management. A review. Agron. Sustain. Dev. 27, 1–16.
- Chapagain, T., Riseman, A. (2014). Barley-pea intercropping: effects on land productivity, carbon and nitrogen transformations. Field Crop Res. 166, 18–25.
- Salehi, A., Fallah, S., Kaul, H.-P. (2017). Broiler litter and inorganic fertilizer effects on seed yield and productivity of buckwheat and fenugreek in row intercropping. Arch. Agron. Soil Sci. 63, 1121-1136.
- Salehi, A., Mehdi, B., Fallah, S., Kaul, H.-P., Neugschwandtner, R.W. (2018). Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. Nutr. Cycl. Agroecosys. 110 (3), 407-425.
- Scalise, A., Tortorella, D., Pristeri, A., Petrovičová, B., Gelsomino, A., Lindström, K., Monti, M. (2015). Legume-barley intercropping stimulates soil N supply and crop yield in the succeeding durum wheat in a rotation under rainfed conditions. Soil Biol. Biochem. 89, 150–161.

Economic effects of rye as cover crop before soybean in zero-tillage cropping systems at the north-east of Germany

Mosab Halwani¹, Moritz Reckling¹, Ralf Bloch^{1,2} and Johann Bachinger¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg;

²Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

E-Mail: Mosab.Halwani@zalf.de

Introduction

Adaptation of soybean cultivation in Germany for many years showed that soybeans can be successfully cultivated not only in the favourable locations of southern Germany, but in various agricultural areas of central, eastern and western parts of Germany by using varieties that mature early (maturity group 000 and/or 00) (Recknagel, 2017, (Reckling et al. 2018)). Since soybean is a non-frost-tolerant plant, the sowing date in the north-east of Germany is often delayed until early to the middle of May due to the risk of frost occurrence. Late sowing may lead to soil erosion when the soil is not covered and a high weed infestation risk in soybean. The objective of this study was to explore the economic potential of different soil conserving strategies that protect the soil from erosion and reduce the risk of weed infestation without negatively affecting soybean yield and gross margins. Hence, the economic efficiency of two no-tillage systems with rye as a cover crop and with/without herbicides were tested in a field experiment and compared with a plough-based system with herbicides. The no-tillage and herbicide free system was evaluated for organic and conventional farming.

Materials und Methods

over three successive growing seasons from 2015-2017 at the research station in Müncheberg of the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF).

In the field experiment, three cropping systems were tested and compared in terms of inputs, weed infestation and yield:

- : “plough-based system” where the rye cover crop was harvested as whole crop silage before ploughing in spring and soybean is sown after seedbed preparation with a standard drill.
- System B: “no-tillage herbicide-free system” where the rye cover crop was crimped at rye flowering, left on the field and soybean sown with a direct seeding drill.
- : “no-tillage herbicide-based system”, where the previous rye cover crop was killed with a broad-spectrum systemic herbicide (Glyphosate) at the beginning of the vegetation period with no further soil tillage and soybean sown with a direct seeding drill.

conducted with and without irrigation. Irrigation amounts and timing were modelled with the Web-BEREST software (Mirschel et al. 2014). A simple gross margins and revenues were calculated for each cropping system using average input and commodity costs and prices for Germany from 2018 (sojafoerderung, 2018). The variable costs included all inputs and operations for tillage, sowing, rye termination, harvesting, irrigation and harvesting of the rye biomass. The price of conventional soybean grain was 350 €/t price and 800 €/t for organic soybean; the costs for organic seed were 71% higher than for conventional farming. The harvested rye biomass in system A had a value 78.6 €/t and the rye residues crimped or killed by the herbicide and which remained on the plots, were not considered in the economic assessment.

Results and Discussion

System B had the lowest variable costs of 718 €/ha because the rye was only crimped compared to system C where the rye was terminated by herbicides (791 €/ha) and system A where rye was harvested and soybean ploughed (1051 €/ha) (Fig. 1).

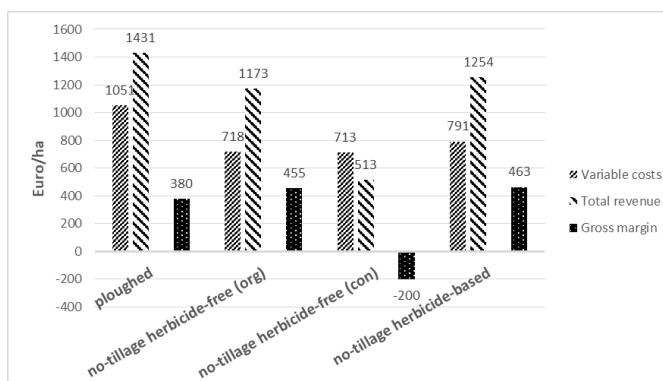
In all systems, the use of rye as a cover crop involved extra costs of 78 €/ha for seed, 231 €/ha for contract work, and 158 €/ha for harvesting when the residues were left in the field. When rye biomass were lifted, the cost was increased to 358 €/ha for contract work and 339 €/ha for harvesting/mowing. The extra cost for rye were covered in system A where the rye was sold as animal feed with a revenue of 456 €/ha.

The lower soybean grain yield in the herbicide-free system (1.5 t/ha in system B compared to 2.8 t/ha and 3.6 t/ha in system A and C) resulted in a lower revenues and gross margins compared to the herbicide-based and ploughed system when conventional prices were assumed (Fig. 1). With organic prices, system B had similar revenues as system C because the price for organic soybean was twice as high. While system A had the highest revenues with 1431 €/ha, system C (and B with organic prices) had higher gross margins. These were increased by 75 €/ha and 83 €/ha when the rye was crimped (system B with organic prices) and killed by herbicides, respectively.

In all systems, irrigation increased the costs by 266 €/ha on average. The additional costs were covered by higher revenues resulting from higher soybean yields particularly at dry sites and years as indicated for 2016 that was a dry year.

Our results suggest that soybean cropping systems with rye cover crops can lead to economic benefits. Under the tested conditions, herbicide-free systems with a crimping of rye was only economically attractive in organic farming with higher prices and requires sufficient rainfall or irrigation farmers also could reduce the risks that accompany of .

Figure 1: Revenues, Variable cost and Gross Margin of soybean in zero-tillage with rye as cover crop 2015-2017



Literature

<https://www.sojafoerderung.de/markt/maerkte-und-preise/>

Mirschel W, Klauss H, Berg M, Eisenhut K-U, Ißbrücker G, Prochnow A, Schörling B, Wenkel K-O (2014) Innovative Technologien für eine effiziente Bewässerung im Pflanzenbau. In: Bloch R, Bachinger J, Fohrmann R, Pfriem R (eds) Land- und Ernährungswirtschaft im Klimawandel – Auswirkungen, Anpassungsstrategien und Entscheidungshilfen. oekom verlag, München, pp 261- 277

Reckling M, Bachinger J, Bellingrath-Kimura SD (2018) Taking Soybean Cultivation Further North: Agronomic Performance of Cultivars and Irrigation Treatments. Paper presented at the XVe European Society for Agronomy Congress (ESA), Geneva

Einfluss von Klima, Fruchtfolge und Kalkdüngung auf die Entwicklung der Ertragsstabilität von Körnerleguminosen in Dauerfeldversuchen aus Schweden und Deutschland

Lisa Sawade¹, Insa Kühling¹ und Moritz Reckling²

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle (Saale); ²Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg. E-Mail: sawade.lisa@gmail.com

Einleitung

Vor dem Hintergrund der globalen Klimaveränderung und der Abhängigkeit Europas von Eiweißfuttermittelimporten aus Drittländern spielt die Ertragsstabilität von Körnerleguminosen eine wichtige Rolle (Watson et al. 2017). Ziel dieser Arbeit ist, die Auswirkungen des Klimas auf die Ertragsstabilität zu quantifizieren und zu prüfen, inwieweit diversifizierte Fruchtfolgen, und Düngung die Ertragsstabilität von Körnerleguminosen beeinflussen.

Material und Methoden

Für die statistische Berechnung der temporären Ertragsstabilität wurde ein neuer angepasster Variationskoeffizient (aCV) nach Döring und Reckling (2018) verwendet, der die Stabilität unabhängig von Ertragsunterschieden zwischen Körnerleguminosen und anderen Kulturen sowie zeitliche Ertragsveränderungen quantifiziert. Es wurden Ertragsdaten aus zwei Dauerfeldversuchen mit Körnerleguminosen, Getreiden und anderen Blattfrüchten aus Borgeby (Schweden, 1960 bis 2015) und Halle (Saale) (Deutschland, 1950 bis 2012) analysiert. Der Versuch in Borgeby besteht aus drei Fruchtfolgen, welche verschiedenen intensive Produktionsspezialisierungen repräsentieren. Der Versuch aus Halle ist ein Kalkdüngungsversuch mit vier unterschiedlichen CaO-Düngestufen (0; 0,5; 1,0 und 2,0 t CaO/ha). Die Entwicklungen der Ertragsdaten sowie der berechneten aCVs der Kulturen und die Unterschiede zwischen den Kulturen und Varianten (Fruchtfolgen bzw. Düngestufen) wurden anhand von linearen Regressionen mit der Prozedur MIXED der Statistiksoftware SAS analysiert. Anschließend wurden die aCVs der Kulturen mit den Klimadaten (Temperatur und Niederschlag) korreliert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Jahresmitteltemperatur ist im Untersuchungszeitraum in Borgeby um 1,7 °C ($p < 0,0001$) und in Halle um 0,6 °C ($p = 0,0792$) angestiegen. Die Mengen und Schwankungen der Jahresniederschläge hingegen haben sich nicht verändert.

Die unterschiedlichen Fruchtfolgen in Borgeby sowie die CaO-Düngestufen in Halle hatten keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung der Ertragsstabilität und Erträge über den Untersuchungszeitraum. Die Ergebnisse zeigen, dass eine Diversifizierung durch Fruchtarten und die Gabe einer standortgerechten Erhaltungskalkung als Alternativen zur intensiven Landbewirtschaftung genutzt werden können ohne ein größeres Risiko von Ertragseinbußen oder erhöhten Schwankungen darzustellen. Zu ähnlichen Erkenntnissen kamen auch St-Martin et al. (2017) mit einer anderen Analyse am gleichen Standort für Winter- und Sommerweizen.

Die Entwicklung der Erträge war für alle Kulturen, außer für die Erbse in Borgeby und die Zuckerrübe in Halle, signifikant Zunehmend (z.B. Ackerbohne in Halle von 2 auf 4 t/ha, entspr. 50 Prozentpunkten). Während die Ackerbohne, Kartoffel, Zuckerrübe und die Sommergerste aus Fruchtfolge 2 in Halle sowie der Winterweizen in Borgeby

zu einer Stabilitätssteigerung tendierten, wiesen die Erträge aller anderen Kulturen auf eine Zunahme der Ertragsvariabilität hin. Diese war auch für alle Kulturen in Borgeby und die Sommergerste in Halle signifikant (z.B. Steigerung bei Gerste in Borgeby um 32 % und bei Winterraps um 30 % in Prozentpunkten). Die Ertragsstabilität der Erbse (33 %) unterschied sich nur signifikant vom Sommer- und Winterweizen (22 % und 21 %) und hatte ähnlich stabile Erträge wie Zuckerrüben, Winterraps und Sommergerste. Damit war die Ertragsstabilität von Körnerleguminosen höher als bisher vermutet und ähnlich wie bei anderen Blattfrüchten und Sommerungen einzustufen, wie in weiteren Dauerfeldversuchen bestätigt werden konnte (Reckling et al. 2018).

Die Regression zwischen den Temperaturen und der Ertragsstabilität über alle Kulturen zeigte für Borgeby einen signifikanten Zusammenhang ($p = 0,0001$). Bei der Einzelkulturbetrachtung zeigten auch alle Kulturen, außer der Weizen, eine tendierende z.T. signifikante Ertragsvariabilitätssteigerung mit zunehmenden mittleren Temperaturen. Die Ackerbohne in Halle hingegen erfuhr eine signifikante Zunahme der Ertragsstabilität bei steigenden mittleren Temperaturen. Der kumulierte Niederschlag hatte keinen Einfluss auf die Ertragsstabilität in Borgeby. Während in Halle steigende Niederschläge für die Ackerbohne zu steigender Ertragsvariabilität führten, wirkte sich mehr Niederschlag von April bis Juli für die Erbse in Form von Ertragsstabilisierung aus. Diese Ergebnisse lassen sich z.T. durch die gestiegenen Temperaturen im Untersuchungszeitraum, den sich im Trend nicht veränderten Niederschlägen und die Entwicklungen der Ertragsstabilität erklären und weisen auf einen deutlichen Zusammenhang zwischen Ertragsstabilität und Klima hin.

Ray et al. (2015) zeigten, dass global betrachtet ca. ein Drittel der Ertragsvariabilität durch das Klima erklärt werden könne. Es besteht daher ein großer züchterischer und agronomischer Bedarf Ertragsstabilität und Widerstandsfähigkeit von Körnerleguminosen und anderen Kulturen gegenüber dem Klima zu verbessern.

Danksagung

Wir danken Göran Bergkvist (SLU) und Lothar Schmidt (MLU Halle) für die Bereitstellung der Daten aus den Langzeitfeldversuchen.

Literatur

- Döring TF, Reckling M (2018) Detecting global trends of cereal yield stability by adjusting the coefficient of variation. *European Journal of Agronomy* 99:30–36.
- Ray DK, Gerber JS, MacDonald GK, West PC (2015) Climate variation explains a third of global crop yield variability. *Nat Commun* 6:5989.
- Reckling M, Döring TF, Bergkvist G, et al. (2018) Grain legume yields are as stable as other spring crops in long-term experiments across northern Europe. *Agron. Sustain. Dev.* 38:39.
- St-Martin A, Vico G, Bergkvist G, Bommarco R (2017) Diverse cropping systems enhanced yield but did not improve yield stability in a 52-year long experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 247:337–342.
- Watson CA, Reckling M, Preissel S, et al. (2017) Grain Legume Production and Use in European Agricultural Systems. In: Elsevier (ed) *Advances in Agronomy*, 1st Edition, vol 144. Elsevier, pp 235–303

Agroforst-System aus Grünland und Weiden im Kurzumtrieb - Biomassedynamik der zweiten Rotation

Rüdiger Graß, Sarah Malec und Michael Wachendorf

Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen.

E-Mail: rgrass@uni-kassel.de

Einleitung

Agroforstsysteme (AFS) werden als multifunktionale Systeme beschrieben, die eine Reihe ökologischer und ökonomischer Ökosystemdienstleistungen fördern können. Durch eine gekoppelte Kultivierung von Bäumen und landwirtschaftlichen Nutzpflanzen können Synergieeffekte für ein verbessertes Pflanzenwachstum und ggf. eine erhöhte Rentabilität sowie eine erhöhte Artenvielfalt erzielt werden. In diesem Beitrag werden Ergebnisse der 2. Rotation in den Jahren 2015-2017 eines silvopastoralen AFS aus Grünland und Weiden als schnellwachsende Gehölze im Kurzumtrieb vorgestellt. Dabei werden die Auswirkungen unterschiedlicher Managementstrategien auf den Biomasseertrag und die Bestandeszusammensetzung bei zwei verschiedenen Grünlandansaaten präsentiert.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden in einem im März 2011 angelegten Agroforstsystem in Reiffenhausen, Landkreis Göttingen in Südniedersachsen durchgeführt. Das Alley-Cropping-System besteht aus alternierenden 80 m langen Reihen von Weiden und Grünland in dreifacher Wiederholung. Zwischen den 9 m breiten Grünlandstreifen sind über eine Breite von 7 m Weiden ((*Salix viminalis* x *Salix Schwerinii*) x *Salix viminalis* = Züchtung *Tora* x *Z. Ulv*) gepflanzt. Die Versuchsanlage erfolgte in einem randomisierten split-plot-Design. Die Gehölze der Kurzumtriebsplantagen (KUPs) wurden erstmals im Winter 2014/2015 gerodet. Die zweite Rotation endete mit der Gehölzernte im Winter 2017/2018.

Geprüft wird der Einfluss unterschiedlicher Nutzungsintensitäten (2-Schnitt- und 3-4-Schnittnutzung) und verschiedener Grünland-Ansaaten (Kleegras und eine Biodiversitätsmischung mit 32 Arten) auf die Biomasseerträge und -qualität des Grünlandes sowie der Anteil der funktionalen Pflanzengruppen (Leguminosen, Gräser und Kräuter). Die Beprobung erfolgte in Abhängigkeit von der Distanz zu den Bäumen entlang eines Transekts bestehend aus 5 Transektpunkten (TPs). Die TPs 1 und 5 liegen in den Randbereichen des Grünlandes zu den Bäumen jeweils 1 m von den KUP-Streifen entfernt und die übrigen TPs sind in gleichmäßig Abständen zwischen den beiden äußeren TPs verteilt.

Vergleichend wurde auf einem benachbarten Grünlandareal der standortübliche Biomasseertrag für alle Varianten ohne Beeinflussung durch Bäume erhoben. Ebenfalls wurde auf einer benachbarten Fläche der standortübliche KUP-Ertrag ohne Grünlandeinfluss bestimmt. Die Holzertragsschätzung der KUP-Streifen wurde mittels allometrischer Funktionen basierend auf dem Brusthöhendurchmesser (BHD) und dem Triebtrockengewicht durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

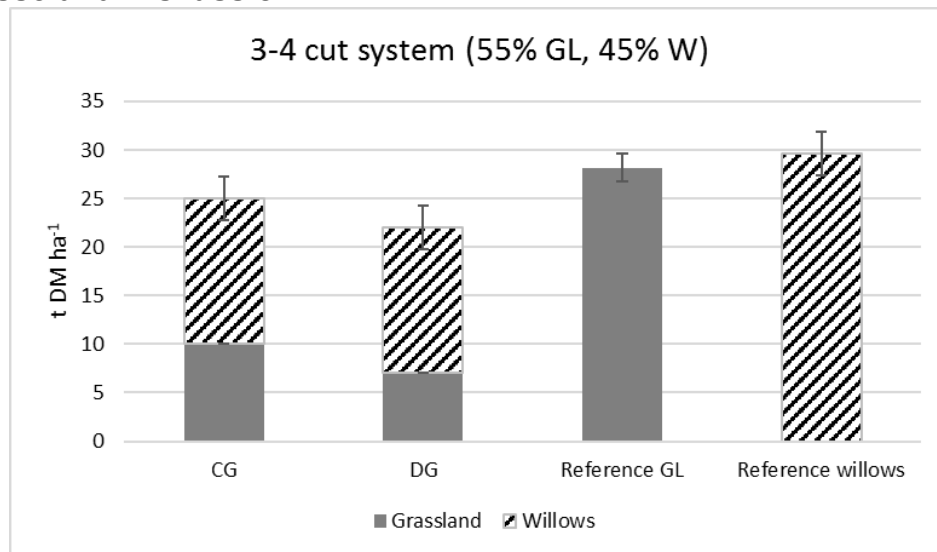


Abb .1: Dreijährige Biomasseerträge der 2. Rotation eines silvopastoralen Agroforstsystems aus Weiden-KUP und Grünland (2 Saatmischungen: CG=Klee gras; DG=Diversitätsmischung) und von standortüblich bewirtschaftetem Grünland (GL) und standortüblichen Weiden-KUP, (willows) 2015-2017.

Die Biomasseerträge im AFS waren bei beiden Grünlandansäen geringer als bei den standortüblich bewirtschafteten Referenzflächen Grünland (Abb. 1). Im Vergleich zur ersten Rotation (Ehret et al., 2014) wurden deutlich höhere Biomasseerträge erzielt. In der 1. Rotation machte sich die schwierige Etablierung und der zögerliche Wachstumsbeginn der Bäume bemerkbar. Dies war in der 2. Rotation nicht der Fall, die Bäume wiesen mit ca. 30 t TM ha⁻¹ nach drei Jahren ein gutes Wachstum auf. Dies führte vermutlich im AFS zu einer verstärkten Konkurrenzwirkung der Bäume für das Grünland, wodurch sich die niedrigen Grünlanderträge erklären lassen. Besonders in den Randbereichen waren deutlich geringere Grünlanderträge zu verzeichnen. Die Erträge waren beim Klee gras höher als bei der Diversitätsmischung, die Erträge der extensiveren 2-Schnittnutzung waren insgesamt niedriger (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Bestandeszusammensetzung des Grünlandes war in den Randbereichen des AFS zu den Bäumen verändert: Im Randbereich waren größere Anteile an Gras und Kräutern und geringere Leguminosenanteile vorhanden. Die Beschattung des Grünlandes durch die Bäume wirkte sich negativ auf den Klee aus. In dem untersuchten AFS scheinen die Grünlandstreifen aufgrund der geringen Breite von 9 m während der 2. Rotation einer starken Konkurrenz zu den Bäumen ausgesetzt gewesen zu sein. In AFS sollten für das Grünland standortangepasst größere Abstände zwischen den Bäumen gewählt werden, um Konkurrenzen zu reduzieren.

Literatur

Ehret M., Bühle L., Graß R., Lamersdorf N., Wachendorf M. (2014): Bioenergy provision by an alley cropping system of grassland and shrub willow hybrids: biomass, fuel characteristics and net energy yields. *Agrofor. Syst.* 89, 365-381

Einfluss von blühenden, die biologische Vielfalt steigernden Gemengepartnern auf die Erträge von Silomaisbeständen (*Zea mays* L.)

Vanessa S. Schulz¹, Caroline Schumann², Maria Müller-Lindenlauf¹, Kerstin Stolzenburg³, Sebastian Weisenburger³ und Kurt Möller³

¹Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen, Fakultät Agrarwirtschaft, Volkswirtschaft und Management, Institut für Angewandte Agrarforschung

²Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Referat 14, Ökologischer Landbau, Emmendingen-Hochburg

³Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Referat 11, Pflanzenbau, Rheinstetten-Forchheim

E-Mail: vanessa.schulz@ltz.bwl.de

Einleitung

Silomais ist das Hauptsubstrat in Biogasanlagen und der Milchviehfütterung, vor allem wegen seiner hohen Flächeneffizienz und Wirtschaftlichkeit. Auf Grund des hohen Anteils in der Fruchtfolge, der Erosionsgefahr durch den späten Reihenschluss sowie dem Mangel an Biodiversität durch den Reinanbau ist der Silomaisanbau aber auch mit negativen Umweltwirkungen verbunden. Um das praxistaugliche und pflanzenbaulich gut etablierte System „Silomaisanbau“ hinsichtlich der biologischen Vielfalt zu verbessern, wurden in Baden-Württemberg im Rahmen des Sonderprogrammes der Landesregierung zur Stärkung der biologischen Vielfalt Versuche mit blühenden Gemengepartnern in Silomais angelegt. Erwartet wird, dass die zusätzliche Bodendeckung durch Gemengepartner die Nitrat-Auswaschung verringert, die Blüten Insekten eine Nahrungsquelle bieten und ein Beitrag zur Biodiversität geleistet werden kann, ohne nennenswert die Biomasseleistung der Bestände zu beeinträchtigen.

Material und Methoden

Es wurden an den drei baden-württembergischen Standorten Ettlingen (ET, konv., N 48°56', E 8°23', 135 m ü. NN, 10,1 °C, 742 mm), Tachenhäuser (TH, konv., N 48°39', E 9°23', 360 m ü. NN, 10,2 °C, 802 mm) und Forchheim am Kaiserstuhl (FAK, ökol., 48°10', E 7°41', 175 m ü. NN, 10,2 °C, 882 mm) Feldversuche mit verschiedenen Gemengepartnern (GMP) angelegt, die in Silomaisreinbestände (cv. Figaro, 8 Körner m⁻²) gesät wurden. In TH und FAK geschah dies als vierfach wiederholte, randomisierte Blockanlagen. In ET wurden zusätzlich noch eine gestaffelte N-Düngung (0, 50 und 100 % des N-Bedarf eines Silomaisreinbestandes) und verschiedene Ablageorte des GMP (in oder zwischen die Maisreihen) getestet. In ET erfolgte dies in einem dreifach wiederholten split-split-plot Design. In TH und FAK erfolgte keine N-Düngung und die GMP wurden in die Maisreihe gesät. Als GMP wurden Saat-Luzerne (cv. Catera, 15 kg ha⁻¹), Echter Steinklee (4 kg ha⁻¹), Sommerwicke (cv. Jose (konv.), Mery (ökol.), 70 kg ha⁻¹), Kapuzinerkresse (20 kg ha⁻¹), Kürbis I (cv. Jack be little, 1,6 Körner m⁻²), Kürbis II (cv. Spinning / Dancing Gourd, 1,6 Körner m⁻²), Stangenbohne I (cv. WAV 512, 4,5 Körner m⁻²) und Stangenbohne II (cv. Anellino verde, 4,5 Körner m⁻²) gesät. Der Mais wurde mittels betriebsüblicher Einzelkornsämaschine gesät, während die Gemengepartner am selben Tag mit Parzellentechnik eingebracht wurden. Die Datenanalyse erfolgte als gemischtes Modell mit der Software R. Nach einem globalen F-Test wurde ein Mittelwertsvergleich mittels Tukey's HSD Test ($p < 0,05$) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Alle GMP stellten ein Blühangebot zur Verfügung, mit Ausnahme des Steinklees, der im schattigen Maisbestand nicht zur Blüte kommt (Ogle et al., 2008). Beide Bohnen- und Kürbissorten blühten bis zur Silomaisernt, die Kapuzinerkresse blühte nach der Ernte erneut bis zum ersten Frost. Der Blühzeitraum von Luzerne und Sommerwicke deckte sich nahezu mit dem des Mais. Ein Quadratmeterschnitt zeigte in allen Varianten, dass der Mais mit über 85 % der Hauptbiomassebildner ist. Eine um 50 % reduzierte N-Düngung zeigte keinen signifikanten Unterschied zu einer 100 % N-Düngung ($p = 0.993$). Ein Unterschied wurde lediglich zur 0 % N-Düngung beobachtet (50 % $p = 0.005$, 100 % $p = 0.004$). Die Erträge waren höher, wenn die Aussaat der Gemengepartner zwischen die Maisreihen erfolgte ($p = 0.013$). In den einzelnen Varianten brachten in ET Steinklee, Kapuzinerkresse und beide Bohnen vergleichbare Erträge wie die Kontrolle (**Abbildung 1**). Auf Grund eines Ausfalls beider Kürbisse kann dazu keine Aussagen getroffen werden. An diesem Standort unterlagen die Sommerwicken-Varianten einer starken Verunkrautung mit *Chenopodium album* (L.). Dies lag daran, dass keine chemische Unkrautkontrolle erfolgen konnte, da die zur Verfügung stehenden Maisherbizide keine Wirkungslücke bei Sommerwicken aufweisen. In TH und FAK lagen keine signifikanten Unterschiede zwischen der Kontrolle und den einzelnen GMP vor. Die Trockenmassegehalte in ET lagen unabhängig von den eingesäten GMP im optimalen Silierbereich (30-35 %). In TH waren die Gehalte bei Bohne I und Kürbis I zu niedrig, während diese in FAK in allen GMP erhöht waren. In FAK ist dies allerdings der schnellen Abreife durch die extreme Witterung 2018 zuzuschreiben. Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres zeigten, dass die GMP in der Lage waren ein Blühangebot zu schaffen und das bei bestimmten GMP keine signifikante Ertragsreduzierung eintrat. Besonders die Kapuzinerkresse, Stangenbohnen und Kürbisse waren vielversprechend.

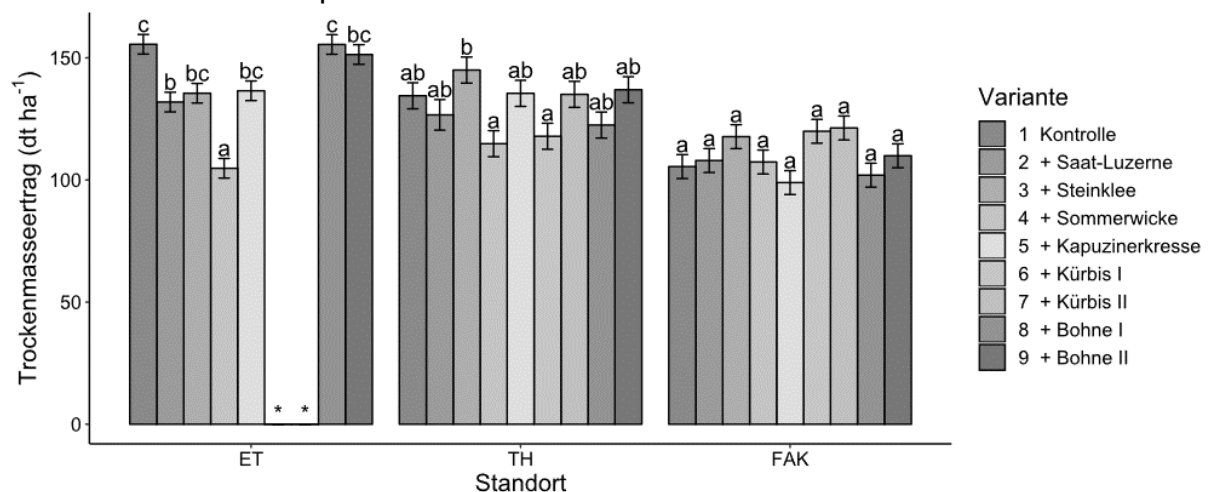


Abbildung 1: Modell-Mittelwerte der Trockenmasseerträge (dt ha⁻¹) für die Kontrolle und die verschiedenen Silomais-Gemengepartner-Varianten für die Standorte ET, TH und FAK. Mittelwerte mit demselben Buchstaben sind an den einzelnen Standorten laut HSD-Test ($p < 0,05$) nicht signifikant verschieden. Die schwarzen Balken geben den Standardfehler der Modell-Mittelwerte an. * = Kürbis I und II Ausfall am Standort ET.

Literatur

Ogle D., St John L., Tilley D., 2008. Plant guide for yellow sweetclover (*Melilotus officinalis* (L.) Lam.) and white sweet-clover (*M. alba* Medik.). USDA-Nat. Resour. Conserv. Serv. Ida. Plant-Mater. Cent. Aberd. U. K.

Ackerbegleitflora in ökologischen und konventionellen Agrarökosystemen

Helena Hanusova^{1,2}, Lucie Chmelikova¹, Harald Schmid¹
und Kurt-Jürgen Hülsbergen¹

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/ Technische Universität München, Freising. ²Lehrstuhl für Pflanzenbiologie/ Mendel Universität in Brunn.
E-Mail: helena.hanusova@tum.de

Einleitung

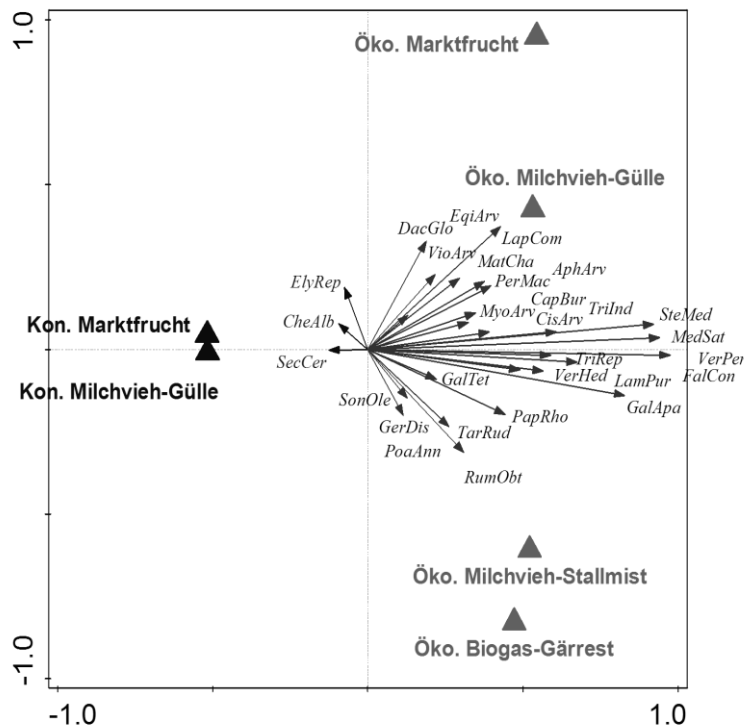
Die Artenvielfalt in der Agrarlandschaft ist vor allem aufgrund der Vereinfachung der Fruchtfolge und der Intensivierung der landwirtschaftlichen Praktiken zunehmend zurückgegangen (Geiger et al. 2010). Die biologische Vielfalt wird als ein stark mit der Stabilität von Agrarökosystemen verbundener Faktor wahrgenommen und kann auch für Anbausysteme als positiv angesehen werden, wenn sie nicht die Erzielung optimaler Erträge behindert (Légère et al. 2005). Biodiversität hat also eine funktionale Komponente. Zum Beispiel gibt es einige Hinweise darauf, dass vielfältigere landwirtschaftliche Systeme die natürliche Bekämpfung von Nutzpflanzenschädlingen verbessern können (Estevez et al. 2000). Auch können die meist als negativ gesehenen Beikräuter toleriert werden oder sogar positive Effekte erbringen (Marshall et al. 2003). Im Rahmen dieses Beitrages wurde daher die Begleitvegetation in ökologischen und konventionellen Systemen in Südbayern erfasst und bewertet.

Material und Methoden

Die Begleitvegetation in Winterweizen wurde in den folgenden vier ökologischen Anbausystemen (Marktf Frucht, Milchvieh-Gülle, Milchvieh-Stallmist, Biogas-Gärrest) und zwei konventionellen Anbausystemen (Marktf Frucht, Milchvieh-Gülle) bestimmt. Die Vegetationsbewertung erfolgte im Mai und Juni 2019. Die Vegetationsaufnahmen (2x2 m²) wurden im Systemversuch der Versuchsstation Viehhausen (nähe Freising) durchgeführt. Jede Parzelle hat eine Größe 6x11 m. Die Artenzusammensetzung und der Deckungsgrad wurden bestimmt. Die Vegetationserfassung erfolgte durch visuelle Schätzung und die Bedeckung wurde in Prozent bewertet. Die gewonnenen Daten wurden mit multivariaten Analysen in Canoco 4.0 (Ter Braak 1998) ausgewertet. Die Auswahl der optimalen Analyse erfolgte nach der Länge des Gradienten, der durch die Segmentanalyse DCA ermittelt wurde. Darüber hinaus wurde die Redundanzanalyse (RDA) eingesetzt, die auf einer linearen Reaktion basiert. In einem Monte-Carlo-Test wurde eine Gesamtzahl von 999 Permutationen berechnet. Basierend auf der RDA-Analyse und der Häufigkeit des Auftretens der gefundenen Arten wurde die räumliche Anordnung der Arten erstellt, die anhand der Ordinationsdiagramme grafisch dargestellt wurden. Arten werden als Vektoren (Pfeile) dargestellt, die eine andere Richtung haben, und verschiedenen Systeme werden als Punkte dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt wurden im Mai 21 Arten in Winterweizen gefunden. In konventionellen Anbausystemen wurden 6 Arten gefunden, in ökologischen zusammen 19 Arten. Im Juni wurden insgesamt 31 Arten in Winterweizen gefunden. In konventionellen Anbausystemen wurden 6 Arten gefunden, in ökologischen zusammen 26 Arten gefunden (Abb. 1).



Erläuterungen zu den Abkürzungen der Arten:

Aphanis arvensis AphArv, *Capsella bursa pastoris* CapBur, *Chenopodium album* CheAlb, *Cirsium arvense* CisArv, *Dactylis glomerata* DacGlo, *Elytrigia repens* ElyRep, *Equisetum arvense* EqiArv, *Fallopia convolvulus* FalCon, *Galeopsis tetrahit* GalTet, *Galium aparine* GalApa, *Geranium dissectum* GerDis, *Lamium purpureum* LamPur, *Lapsana communis* LapCom, *Matricaria chamomilla* MatCha, *Medicago sativa* MedSat, *Myosotis arvensis* MyoArv, *Papaver rhoeas* PapRho, *Persicaria maculata* PerMac, *Poa annua* PoaAnn, *Rumex obtusifolium* RumObt, *Secale cereal* SecCer, *Sonchus oleaceus* SonOle, *Stellaria media* SteMed, *Taraxacum sect. Ruderalia* TarRud, *Trifolium repens* TriRep, *Tripleurospermum inodorum* TriInd, *Veronica hederifolia* VerHed, *Veronica persica* VerPer, *Viola arvensis* VioArv

Öko. Ökologische Anbausysteme, Kon. Konventionelle Anbausysteme

$Pseudo-F = 18,7$; $P = 0,001$

Abb. 1 Ordinationsschema (RDA), das den Zusammenhang zwischen den gefundenen Pflanzenarten und verschiedenen Anbausystemen aufzeigt

Das Ergebnis zeigt die Unterschiede im Auftreten von Begleitvegetation in verschiedenen landwirtschaftlichen Systemen. Aus den Ordinationsdiagramm die ökologischen und konventionellen Systeme vergleichen, geht hervor, dass das Vorkommen von Arten in ökologischen viel höher war als in konventionellen Systemen.

Literatur

- Geiger F.; Bengtsson J.; Berendse F. et al. (2010): Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. In: *Basic Applied Ecology* 11, S. 97–105. DOI: 10.1016/j.baae.2009.11.002.
- Légère, A.; Stevenson, F. C.; Benoit, D. L. (2005): Diversity and assembly of weed communities: contrasting responses across cropping systems. In: *Weed Research* 45: S. 303-315. DOI: 10.1111/j.1365-3180.2005.00459.x.
- Estevez, B.; Domon, G.; Lucas, E. (2000): Use of landscape ecology in agroecosystem diversification towards phytoprotection. In: *Phytoprotection* 81 (1), S.1-14.
- Marshall, E.J.P.; Brown, V.K.; Boatman, N.D.; Lutman, P.J.W.; Squire, G.R.; Ward, L.K. 2003: The role of weeds in supporting biological diversity within crop fields. In *Weed Research* 43, S. 77–89. DOI: 10.1046/j.1365-3180.2003.00326.x.
- Ter Braak, C.J.F. (1998): CANOCO – A FORTRAN program for canonical community ordination by [partial] [detrended] [canonical] correspondence analysis (version 4.0.). Report LWA–88–02 Agricultural Mathematics Group. Wageningen.

Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen im Grünland auf Insekten

Sebastian Wolfrum, Bernd Panassiti, Johannes Burmeister und Roswitha Walter

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz/Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. E-Mail: bernd.panassiti@lfl.bayern.de

Einleitung

Mit dem Kulturlandschaftsprogramm und dem Vertragsnaturschutz gewährt der Freistaat Bayern Ausgleichszahlungen für umweltschonende Bewirtschaftung. Der Rückgang der Artenvielfalt und insbesondere der Insekten in Bayern wird momentan intensiv diskutiert und ein Teil der Verantwortung wird der Landwirtschaft angelastet. Aus diesem Grund ist verstärkt zu prüfen, inwieweit Agrarumweltmaßnahmen (AUM) zur Erhaltung der Insektenwelt beitragen. Die Analyse dient gleichzeitig dazu, anhand der vielfältigen Ausprägungen der Maßnahmen, Möglichkeiten zur Aufwertung und Weiterentwicklung der Agrarumweltprogramme für die Förderung von Insekten abzuleiten. Die Ergebnisse können damit zur Ausgestaltung der nächsten Förderperiode beitragen. Ein vergleichbarer methodischer Ansatz mit Malaisefallen (Fluginsekten) und Bodenfallen (epigäische Arthropoden) sowie einer Kombination aus klassischen und neuen Bestimmungsmethoden (Meta-Barcoding) wird für ein zukünftiges Biodiversitätsmonitoring erwartet (Dauber et al. 2016).

Die AUM im Grünland haben sehr unterschiedliche prioritäre Ziele. Sie reichen vom Klimaschutz, Boden- und Gewässerschutz bis zur Erhaltung der Biodiversität / Kulturlandschaft, oft mit Schwerpunkt auf extensive Nutzungsformen, Wiesenbrüter oder floristische Vielfalt. Ihre Wirkung auf Insekten ist aufgrund der Vielfalt der Maßnahmen und ihrer Ausprägungen nicht ohne weiteres ableitbar. In einer Fallstudie wird daher die Wirkung der betriebs- und flächenbezogenen AUM auf Insekten zu untersucht. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Insektenvielfalt auch stark von standörtlichen und klimatischen Faktoren und der Landschaftsausstattung geprägt wird. AUM im Grünland können daher nur im Landschaftskontext bewertet werden.

Folgende Hypothesen werden im Projekt untersucht:

Ein hoher Anteil AUM in der Landschaft fördert die Insektenvielfalt

Flächen ohne AUM haben eine geringere Insektenvielfalt

Flächenbezogenen AUM (insbesondere VNP) zeigen die größte Wirkung

Material und Methoden

In den Jahren 2019 und 2020 werden in vier Grünlandregionen in Bayern jeweils sechs Landschaftsausschnitte untersucht. Diese Ausschnitte bilden in der jeweiligen Region einen Gradienten von geringem bis hohem Anteil an AUM Flächen ab. In jedem Landschaftsausschnitt werden drei Untersuchungsflächen etabliert, eine Fläche ohne AUM, eine mit betriebsbezogener Maßnahme und eine mit flächenbezogener Maßnahme.

Auf jeder Fläche wird dreimal zwischen Mai und September für jeweils zwei Wochen eine Malaisefalle (Typ nach Prof. Bartak) zur Erfassung der Fluginsekten aufgestellt. Die Falle wird in jedem Fangzeitraum zweimal geleert. Für jede Leerung wird das Gewicht der Insektenbiomasse bestimmt. Jeweils eine Leerung wird darauf im Labor nach taxonomischen Gruppen sortiert bzw. zur Artbestimmung mittels Meta-Barcoding verwendet. Bei der Sortierung nach Gruppen werden einzelne, relevante Artengruppen (Zikaden, Schwebfliegen, Spinnen, usw.) auf Artenebene bestimmt.

Zusätzlich werden in jeder der drei Fangperioden einmal die Arthropoden in der Vegetationsschicht mit einem Insektenkescher sowie einem modifizierten Laubsauger (Stihl SH 86-D) entlang eines kreuzförmigen Transekts über die Fläche erfasst.

Die Artdaten werden anschließend zusammen mit verschiedenen Landschafts- und Standortparametern statistisch analysiert.

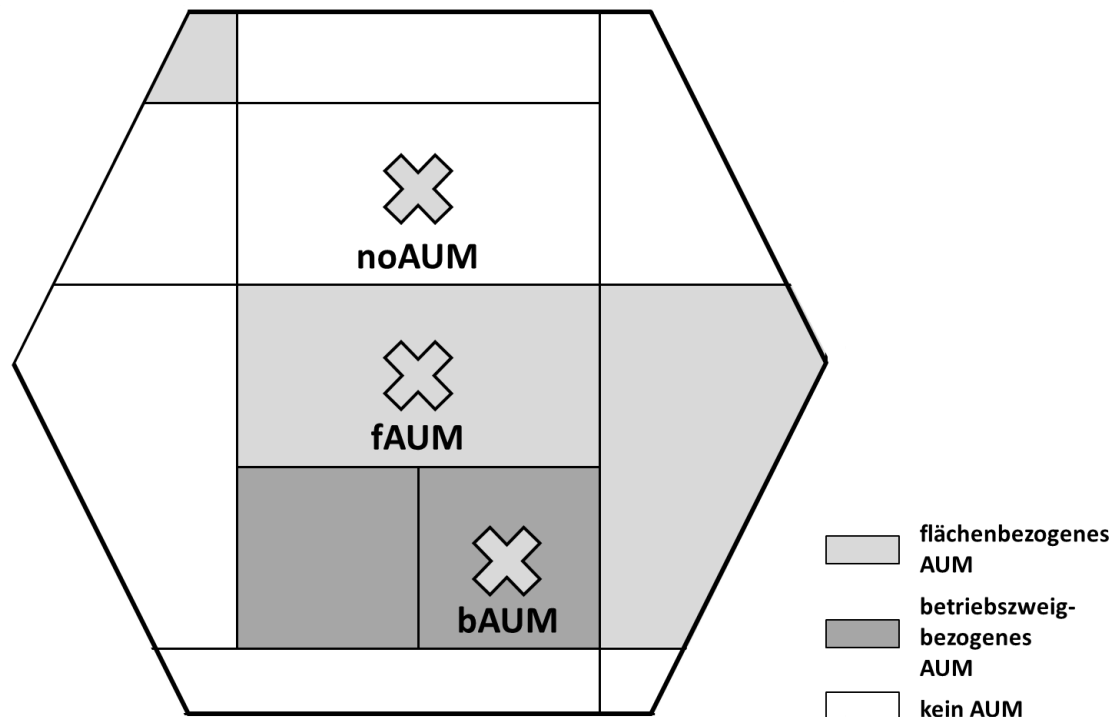


Abb. 1: Untersuchungsdesign für einen 2 km² Landschaftsausschnitt mit drei Probeflächen (je eine mit KULAP und VNP; eine ohne AUM)

Ergebnisse und Diskussion

2019 wurden zwei Regionen in Bayern untersucht. Diese lagen im Allgäu südlich von Marktoberndorf und im südlichen Bayerischen Wald östlich von Deggendorf. Im Allgäu lag der Anteil an AUM am Grünland in den Landschaftsausschnitten zwischen 10% und 66%. Im Bayerischen Wald lag der Anteil zwischen 12% und 27%. In beiden Regionen wurden jeweils 18 Malaisefallen in sechs 2 km² großen, hexagonalen Landschaftsausschnitten in den genannten drei Flächenkategorien platziert (Abb. 1). Die erste Fangperiode wurde Ende Juni 2019 abgeschlossen. Die bisher vorliegenden Auswertungen zeigen interessante Ergebnisse. Für 2020 ist vorgesehen zwei weitere Grünlandregionen in Bayern zu untersuchen.

Literatur

Dauber, J., Klimek, S., Schmidt, T. G. (2016): Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring Landwirtschaft in Deutschland, Thünen Working Papers. S. 38

Evaluierung der Wirkung von Agrarumweltmaßnahmen in Ackerlandschaften auf Insekten

Johannes Burmeister, Sabine Birnbeck, Sebastian Wolfrum und Roswitha Walter

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz/Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. E-Mail: sabine.birnbeck@lfl.bayern.de

Einleitung

Mit dem Kulturlandschaftsprogramm und dem Vertragsnaturschutz gewährt der Freistaat Bayern Ausgleichszahlungen für umweltschonende Bewirtschaftung. Der Rückgang der Artenvielfalt und insbesondere der Insekten in Bayern wird momentan intensiv diskutiert und ein Teil der Verantwortung wird der Landwirtschaft angelastet. Aus diesem Grund ist verstärkt zu prüfen, inwieweit Agrarumweltmaßnahmen (AUM) zur Erhaltung der Insektenwelt beitragen. Die Analyse dient gleichzeitig dazu, anhand der vielfältigen Ausprägungen der Maßnahmen, Möglichkeiten zur Aufwertung und Weiterentwicklung der Agrarumweltprogramme für die Förderung von Insekten abzuleiten. Die Ergebnisse können damit zur Ausgestaltung der nächsten Förderperiode beitragen. Ein vergleichbarer methodischer Ansatz mit Malaisefallen (Fluginsekten) und Bodenfallen (epigäische Arthropoden) sowie einer Kombination aus klassischen und neuen Bestimmungsmethoden (Meta-Barcoding) wird für ein zukünftiges Biodiversitätsmonitoring erwartet (Dauber et al. 2016).

Die positive Wirkung von Blühflächen, gut gepflegten Gehölzstrukturen und Streuobst auf die Biodiversität ist gut belegt. Zusätzlich werden vom KULAP auch Synergien für den Boden- und Gewässerschutz erwartet. Gewässer- und Erosionsschutzstreifen stellen hierbei eine besonders vielversprechende Maßnahme dar. Die Wirkung auf Insektenbiomasse und -diversität ist bisher aber kaum untersucht. Ähnliches gilt für die Umwandlung von Acker- in Grünland entlang von Gewässern und in sonstigen sensiblen Gebieten. Im Hinblick auf die aktuelle und zukünftig hohe Bedeutung von Gewässer- und Erosionsschutzstreifen, das fehlende Wissen und die möglichen Synergien als Habitat und Nahrungsraum für Insekten konzentriert sich die Fallstudie in den Ackerregionen auf die Evaluierung von Gewässer- und Erosionsschutzstreifen durch die Erfassung der Biomasse und Diversität von Fluginsekten und räuberischen Arthropoden.

Material und Methoden

In den Jahren 2019 und 2020 werden in vier Einzugsgebieten kleiner, dauerhaft wasserführender Fließgewässer in Bayern jeweils fünf Vergleichspaare aus Äckern mit und ohne Gewässerrandstreifen untersucht. In jeder Untersuchungsfläche wird die Insektendiversität auf einem Transekt vom Gewässerrand bis in den Acker erfasst.

Auf jeder Fläche werden dreimal zwischen Mai und September für jeweils zwei Wochen zwei Malaisefallen (Typ nach Prof. Bartak) zur Erfassung der Fluginsekten aufgestellt. Eine Falle befindet sich dabei am Gewässer, die zweite in der Ackermitte. Die Fallen werden in jedem Fangzeitraum zweimal geleert. Für jede Leerung wird das Gewicht der Insektenbiomasse bestimmt. Jeweils eine Leerung wird darauf im Labor nach taxonomischen Gruppen sortiert bzw. zur Artbestimmung mittels Meta-Barcoding verwendet. Bei der Sortierung nach Gruppen werden einzelne, relevante Artengruppen (Laufkäfer, Zikaden, Spinnen, usw.) auf Artenebene bestimmt.

Zusätzlich werden in jeder der drei Fangperioden die am Boden lebenden Arthropoden mit Bodenfallen erfasst. Hier werden jeweils vier Bodenfallen in vier

Abständen zum Gewässerrand verwendet. Die Fallen werden mit den Malaisefallen zweimal pro Fangzeitraum geleert. Die vier Bodenfallen mit gleichem Abstand werden dabei zu einer Probe zusammengefasst.

Die Artdaten werden anschließend zusammen mit verschiedenen Landschafts- und Standortparametern statistisch analysiert.

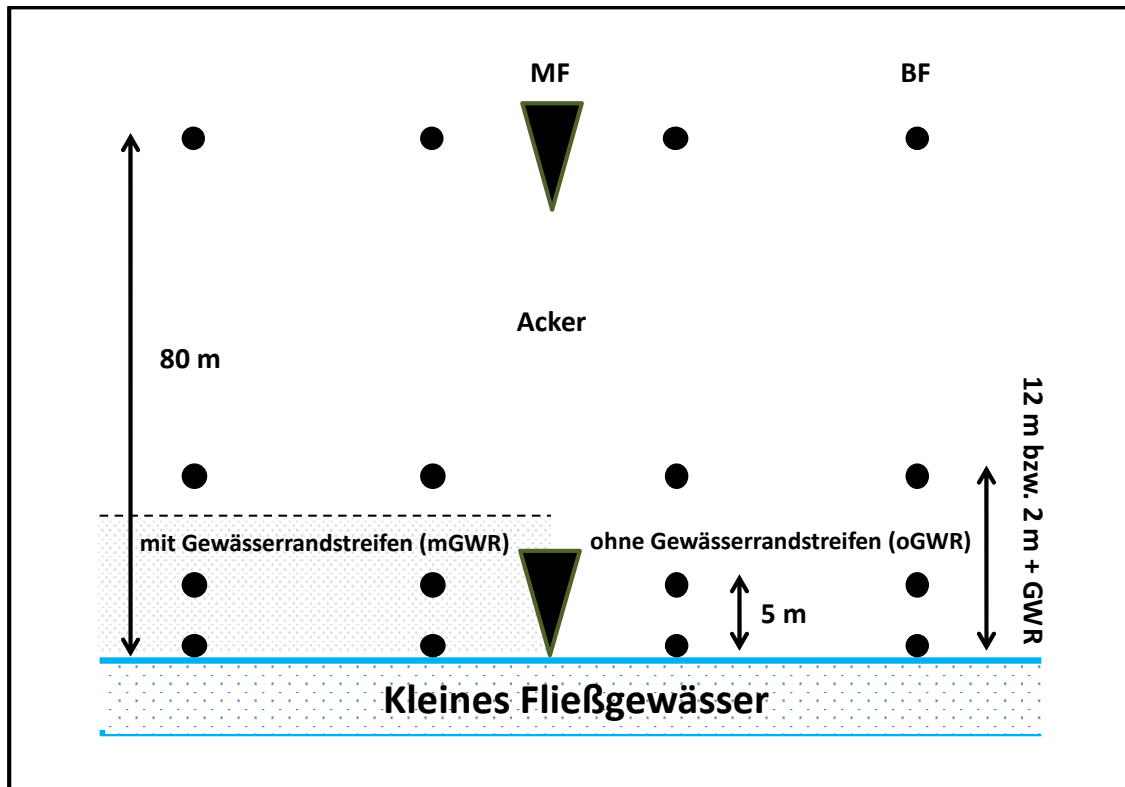


Abb. 1: Räumliches Untersuchungsdesign für Vergleichspaar aus Ackerfläche mit und ohne Gewässerrandstreifen (GWR) (MF = Malaisefalle (Dreieck); BF = Bodenfalle (Punkt)).

Ergebnisse und Diskussion

2019 wurden zwei Einzugsgebiete in Südbayern untersucht. Diese lagen an der Aiterach bei Mengkofen und am Kleeberger Bach bei Ruhstorf an der Rott. Die auf den untersuchten Ackerflächen angebauten Hauptkulturen waren Mais, Getreide, Zuckerrübe und Soja. In beiden Gebieten wurden jeweils 20 Malaisefallen und 160 Bodenfallen nach dem in Abb. 1 dargestellten Schema platziert. Die erste Fangperiode wurde Ende Juni 2019 abgeschlossen. Die bisher vorliegenden Auswertungen zeigen interessante Ergebnisse. Für 2020 ist vorgesehen zwei weitere Einzugsgebiete in Bayern zu untersuchen.

Literatur

Dauber, J., Klimek, S., Schmidt, T. G. (2016): Konzept für ein Biodiversitätsmonitoring Landwirtschaft in Deutschland, Thünen Working Papers. S. 38

Schritte zu biodiversitätsbasierten Pflanzenbausystemen

Sebastian Wolfrum, Johannes Burmeister und Roswitha Walter

Institut für Ökologischen Landbau, Bodenkultur und Ressourcenschutz/Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL), Freising. E-Mail: sebastian.wolfrum@lfl.bayern.de

Einleitung

Aktuelle Pflanzenbausystemen erzielen den Ertrag durch den Einsatz „künstlicher“ Produktionsmittel wie z. B. chemische Pflanzenschutzmittel und mineralische Dünger. Trotz der dadurch sehr hohen Produktivität und Leistungsfähigkeit der Landwirtschaft werden immer öfter Umweltgrenzen der ressourcenintensiven Wirtschaftsweise sichtbar. Die Landwirtschaft steht daher unter anhaltend stärkerem gesellschaftlichem Druck, die Art und Weise der Produktion zu verändern und stärker auf ökologische Leistungen zu setzen. Im Rahmen einer „nachhaltigen“ oder „ökologischen“ Intensivierung soll bei gleicher Wirtschaftlichkeit ein Teil dieser „Inputs“ durch Leistungen der Biodiversität erbracht werden (Tscharntke et al. 2012, Bommarco et al. 2013, Tittone 2014). Vor diesem Hintergrund einer nachhaltigen Intensivierung werden bereits viele, meist technische, Lösungsansätze verfolgt (Duru et al. 2015a). Die ökologischen bzw. biodiversitätsbasierten Ansätze, die sich mit Biodiversität und den damit verbundenen Funktionen und Leistungen befassen, werden aus pflanzenbaulicher Sicht bisher nur selten explizit berücksichtigt (Horlings und Marsden 2011, Duru et al. 2015b). Ziel ist es hier daher, Möglichkeiten für „biodiversitätsbasierte“ Pflanzenbausysteme für die allgemeine Beratung und die landwirtschaftliche Praxis aufzubereiten.

Material und Methoden

Um das Ziel stabiler, leistungsfähiger Agrarökosysteme mit hoher Biodiversität zu erreichen werden vier Themen bearbeitet (Abb. 1). Zunächst wird ab 2019 vorhandenes Wissen gesammelt und systematisiert sowie für einzelne Regionen priorisiert. Untersuchungen auf Ebene der Agrarlandschaft und auf Ebene einzelner Schläge (Feldversuche) dienen zur Überprüfung der aus der Literatur abgeleiteten Lösungen. Dabei liegt der Schwerpunkt auf Untersuchungen zu aktuellen, praxisrelevanten Pflanzenbausystemen mit reduzierter Herbizidanwendung. Für die Landschaft wird die Relevanz räumlicher und zeitlicher Nutzungsdiversität für die Bereitstellung regulativer Ökosystemleistungen durch geeignete Modelle gezeigt werden. Felduntersuchungen zu Regenwürmern und räuberischen Arthropoden in drei herbizidreduzierten Pflanzenbausystemen sollen zeigen, wie sich diese Systeme auf die Artenvielfalt, Abundanz und Aktivität dieser Artengruppen und die von ihnen erbrachten Leistungen auswirken. Abschließend sollen „Best Practice“ Ansätze und innovative Methoden, basierend auf sozio-ökonomischen und psychologischen Erkenntnissen, zur Kommunikation und Implementierung der Ergebnisse dargestellt werden. Für die Umsetzung ist ein einjähriger Aufbauprozess gefolgt von einer zweijährigen Arbeitsphase und einem weiteren Jahr Auswertung und Inwertsetzung für verschiedene Nutzergruppen vorgesehen.

Ergebnisse und Diskussion

Das Vorhaben beschäftigt sich spezifisch mit „biodiversitätsbasierten“ Lösungen und grenzt sich damit von „technischen“ Lösungsansätzen im Themengebiet der nachhaltigen Intensivierung ab. Trotz der hohen Relevanz in diesem Bereich ist eine Abgrenzung zum ökologischen Landbau dadurch gegeben, dass die zu

erarbeitenden Lösungen gleichermaßen für ökologische als auch konventionelle Systeme anwendbar sind, da es um Systeme geht, die einen Teil der synthetisch-chemischen Ressourcen durch Biodiversität substituieren.

Auf Grund der Aktualität des Themas wird das gemeinsame Thema Biodiversität für die LfL selbst als „Motor“ der internen Vernetzung und interdisziplinären Zusammenarbeit dienen. Dazu wird ein längerfristiger Prozess mit ersten konzeptionellen Schritten und mit Prototypen notwendiger Instrumente begonnen. Darauf aufbauend werden dann im Rahmen der zukünftigen Entwicklung weitere Schritte, wie der Aufbau eines neuen Forschungs- und Beratungsschwerpunktes „Biodiversitätsbasierte Pflanzenbausysteme“, folgen.

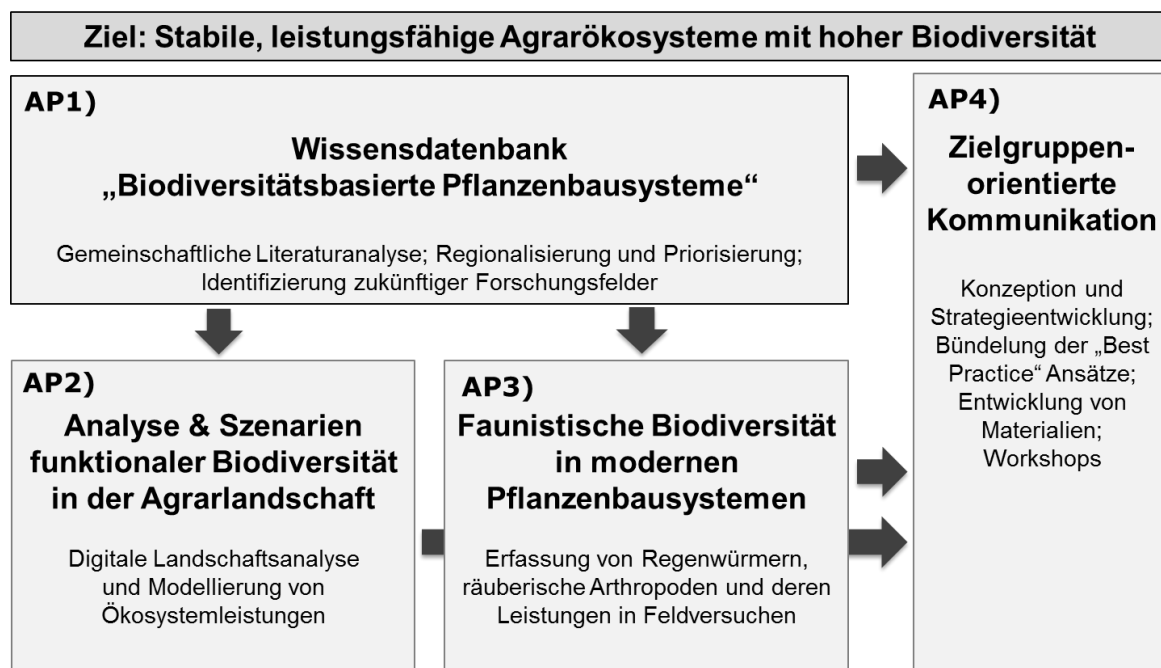


Abb. 1: Zielstellung, Inhalte und Zusammenwirken der einzelnen Arbeitspakete.

Literatur

- Bommarco, R., Kleijn, D., Potts, S. G. (2013): Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology and Evolution* 28, 230–238.
- Duru, M., Therond, O., Fares, M.'H. (2015a): Designing agroecological transitions – A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, (4), 1237–1257.
- Duru, M., Therond, O., Martin, G., Martin-Clouaire, R., Magne, M.-A., Justes, E., Journet, E.-P., Aubertot, J.-N., Savary, S., Bergez, J.-E., Sarthou, J. (2015b): How to implement biodiversity-based agriculture to enhance ecosystem services – A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35, (4), 1259–1281.
- Horlings, L., Marsden, T. (2011): Towards the real green revolution? – Exploring the conceptual dimensions of a new ecological modernisation of agriculture that could ‘feed the world’. *Global Environmental Change* 21, (2), 441–452.
- Tittonell, P. (2014): Ecological intensification of agriculture – sustainable by nature. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 8, 53–61.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., Vandemeer, J., Whitbread, A. (2012): Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151, (1), 53–59.

Regenwurmuntersuchungen in Agroforstsystemen

Lucie Chmelikova¹, Susanne Höcherl², Susanne Papaja-Hülsbergen¹,
Harald Schmid¹ und Kurt-Jürgen Hülsbergen¹

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausystem/Technische Universität München, Freising; ²Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising. E-Mail: lucie.chmelikova@mytum.de

Einleitung

Regenwürmer beeinflussen durch ihre Fress- und Grabtätigkeiten die physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften des Bodens. Ihre Artenzusammensetzung, Abundanz und Biomasse gelten als wichtige Parameter zur Bewertung des Lebensraumpotenzials von Böden (Paoletti 1999). Sie tragen zur Bodenfruchtbarkeit eines Standortes bei. In Agroforstsystemen in Südbayern wurden Regenwurmpopulationen in unterschiedlichen Habitaten und bei unterschiedlicher Bewirtschaftungsweise (ökologisch vs. integriert) untersucht. Es wurden dabei die Gehölzstreifen (Pappel Max 3) mit den dazwischenliegenden Ackerflächen (LKG, WW, Ackerbohne und Sojabohne) verglichen.

Material und Methoden

Im Jahr 2009 wurden in Scheyern (40 km nördlich von München, 490 m über NN, 833 mm Jahresniederschlag, 7,5°C Jahresmitteltemperatur) vier Dauerfeldexperimente (jeweils zwei integriert und ökologisch bewirtschaftet) auf 6 ha Fläche angelegt. In den Versuchen wurden Agroforstsysteme mit unterschiedlichen Baumarten zur energetischen Nutzung (4 Jahre Umtriebszeit) und die ökologischen und integrierten Fruchtfolgen analysiert. Die ökologisch bewirtschafteten Systeme wurden gepflügt, die integriert bewirtschafteten Systeme wurden gegrubbert.

Innerhalb jeder der vier Flächen gab es drei Gehölzstreifen mit 30 m Abstand. Jeder Gehölzstreifen bestand aus mindestens vier Baumarten (Pappel, Weide, Erle, Robinie und eine Gehölzmischung), die sich alle 30 m abwechselten.

Die Regenwurmextraktion wurde im Frühjahr 2016 (April bis Juni) vor der zweiten Ernte in den Zwischenräumen (1,5 m Breite) der Baumstreifen (jeweils in drei Wiederholungen) sowie in der Mitte der Ackerflächen (jeweils in drei Wiederholungen) durchgeführt. Die Regenwurmpopulation wurde mit einer kombinierten Methode aus chemischer Extraktion (AITC-Lösung) und Handauslese erfasst. Erfasst wurden Regenwurmart, -biomasse und -abundanz.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Vergleich der Regenwurmpopulation der Ackerflächen und der Baumstreifen innerhalb der Agroforstsysteme konnten deutliche Unterschiede beobachtet werden. In den Gehölzstreifen unter der Pappel zeigte sich eine erhöhte Regenwurmabundanz und Biomasse und auch Artenvielfalt im Vergleich zur angrenzenden Ackerflächen (Tabelle 1). Gleichzeitig wurde eine höhere Artenvielfalt auf den Flächen gefunden. Relativ hohe Werte wurden auch auf den Flächen mit LKG gefunden.

Die Flächen mit Pappeln wiesen in beiden Systemen ein vermehrtes Vorkommen von epigäischen Arten auf. Auf den Ackerflächen wurde eine höhere Abundanz und Regenwurmbiomasse in den ökologischen Systemen gefunden (Abbildung 1).

Tabelle 1: Abundanz (Ind./m²), Biomasse (g/m²) und Artenzahl der Regenwürmer auf zwei ökologisch und zwei integriert bewirtschafteten AFS

	Öko. AFS				Int. AFS			
	Pappel	LKG	Pappel	WW	Pappel	Ackerbohne	Pappel	Sojabohne
Abundanz	256	205	260	114	277	44	418	27
Biomasse	85	60	95	42	62	16	78	9
Artenzahl	6	5	5	3	5	3	6	4

Auf dem gleichen Standort wurde im Jahr 2011 bereits eine Regenwurmbeprobung durchgeführt (Huber et al. 2013). Die Abundanz und Biomasse ist im Vergleich zu der ersten Beprobung auf allen Flächen gestiegen. Auf den Flächen wurden auch mehr Arten gefunden.

Zusammenfassen erhöhten die Gehölzstreifen den Regenwurmbesatz und die Artenvielfalt auf den Agroforstflächen. Die Bodenruhe, C-Sequestrierung sowie die mikroklimatischen Bedingungen in den Baumstreifen begünstigten die Regenwurmpopulation.

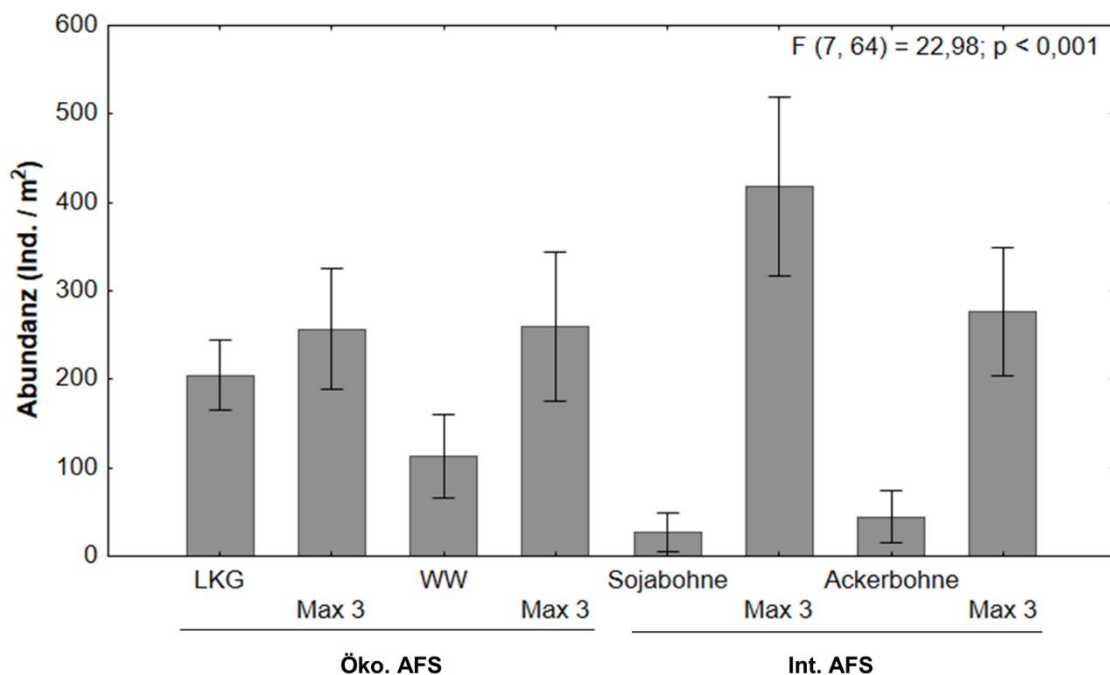


Abbildung 1: Abundanz (Ind./m²) der Regenwürmer auf zwei ökologisch und zwei integriert bewirtschafteten AFS (one-way Anova)

Literatur

- Huber, J., Papaja-Hülsbergen, S., Wolfrum, S., Schmid, H., Hülsbergen, K.-J (2013) Regenwurmpopulation in ökologisch und integriert bewirtschafteten Agroforstsystemen. In: Neuhoﬀ, D., Stumm, C., Ziegler, S., Rahmann, G., Hamm, U., Köpke, U. (Hrsg.) (2013) Ideal und Wirklichkeit - Perspektiven Ökologischer Landbewirtschaftung. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, Bonn, 5. - 8. März 2013 Verlag Dr. Köster, Berlin.
- Paoletti, M. G. (1999) The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators; Agriculture, Ecosystems and Environment 74, 137–155.

Konservierender Ackerbau ohne Glyphosat – erste Erfahrungen aus On Farm-Versuchen in Südwestdeutschland

C. Pekrun, S. Pilz und D. Quast

Hochschule für Wirtschaft und Umwelt Nürtingen-Geislingen (HfWU), Neckarsteige 6-10, 72622 Nürtingen. E-Mail: carola.pekrun@hfwu.de

Einleitung

Der Klimawandel erfordert es, dass Bodenschutz und Bodenfruchtbarkeit stärker in den Fokus genommen werden. Das Anbausystem des Konservierenden Ackerbaus hat genau dies zum Ziel. Ähnlich wie in natürlichen Ökosystemen werden Artenvielfalt und Bodenruhe implementiert. Dies erfolgt durch eine weite Fruchtfolge, vielartigen Zwischenfruchtanbau und minimale Bodenbearbeitung, nach Möglichkeit Direktsaat (HOBBS et al., 2008). Anbausysteme mit wenig oder gar keiner Bodenbearbeitung lassen sich gut realisieren, solange nicht selektive Herbizide als Ersatz für Bodenbearbeitung zur Verfügung stehen. Der mögliche Wegfall von Glyphosat-haltigen Herbiziden erfordert eine Anpassung.

In einem kombinierten Ansatz aus On Farm-Versuchen in Baden-Württemberg werden seit mehreren Jahren die Grundzüge des Konservierenden Ackerbaus getestet, jeweils in einem System ohne Bodenbearbeitung und in einem System mit extensiver, flacher nicht wendender Bodenbearbeitung. 2017 wurden zusätzliche Varianten aufgenommen, in denen kein Glyphosat zur Verfügung steht. Mit diesen soll geprüft werden, inwiefern der Wegfall von Glyphosat eine Intensivierung der Bodenbearbeitung erfordert wird und welche Auswirkungen dies auf pflanzenbauliche und ökologische Messgrößen hat.

Material und Methoden

Das Projekt „Konservierender Ackerbau“ wurde 2013 in einem kombinierten Ansatz mit einem Exaktversuch (mit zwei Wiederholungen) und 15 On Farm-Versuchen bei Landwirten (ohne Wiederholungen) angelegt. Seit Herbst 2017 existieren auf vier Standorten zusätzliche Varianten, in denen ohne Glyphosat gearbeitet wird.

Die Varianten sind:

- Direktsaat jeweils mit und ohne Zwischenfruchtmischungen (DSmZF, DSoZF)
- Mulchsaat jeweils mit und ohne Zwischenfruchtmischungen (MSmZF, MSoZF)
- Mulchsaat mit Zwischenfruchtmischungen ohne Glyphosat (Grüne Brücke)
- Mulchsaat ohne Zwischenfruchtmischungen ohne Glyphosat (MSoZF,oGlyphosat)

In den Varianten mit Zwischenfruchtmischungen werden die vielartige Mischungen jeweils so rasch wie möglich nach der Ernte gesät und diese nach Möglichkeit über Winter stehen gelassen und erst vor Aussaat der Sommerung chemisch bzw. mechanisch beseitigt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahr 2018 konnten die Erträge aller sechs Varianten erhoben und verrechnet werden. Da nicht alle Flächen mit derselben Kultur bestellt war, wurden die Erträge in Getreideeinheiten (GE) umgerechnet. Wie in Abb. 1 zu sehen, führte die Direktsaat ohne Zwischenfrucht zu geringeren Erträgen als die anderen Varianten. Die Direktsaat mit Zwischenfrucht hingegen kam an das Ertragsniveau der Mulchsaatvarianten heran. Insgesamt erwies sich der Anbau von Zwischenfruchtmischungen als positiv für die Ertragsbildung. So war tendenziell der

Feldaufgang der Hauptkultur verbessert, insbesondere der der Sommerungen. Die Nmin-Werte im Herbst waren verringert, die im Frühjahr erhöht, so dass sich hieraus ein geringerer N-Düngebedarf ergab, der wiederum die N-Bilanzen entlastete. Auch aufgrund einer erhöhten P-Verfügbarkeit könnte die Ertragsbildung in den Varianten mit Zwischenfrucht gefördert worden sein, wie eine Metastudie von HALLAMA et al. (2018) nahelegt.

In den Varianten, die erst nach der Ernte 2017 neu angelegt worden waren (Grüne Brücke und Mulchsaat ohne Zwischenfrucht ohne Glyphosat) war erwartungsgemäß kein Effekt auf den Ertrag oder andere Messgrößen festzustellen. Es ist jedoch festzuhalten, dass diese Varianten mit einer höheren Bodenbearbeitungsintensität einhergingen.

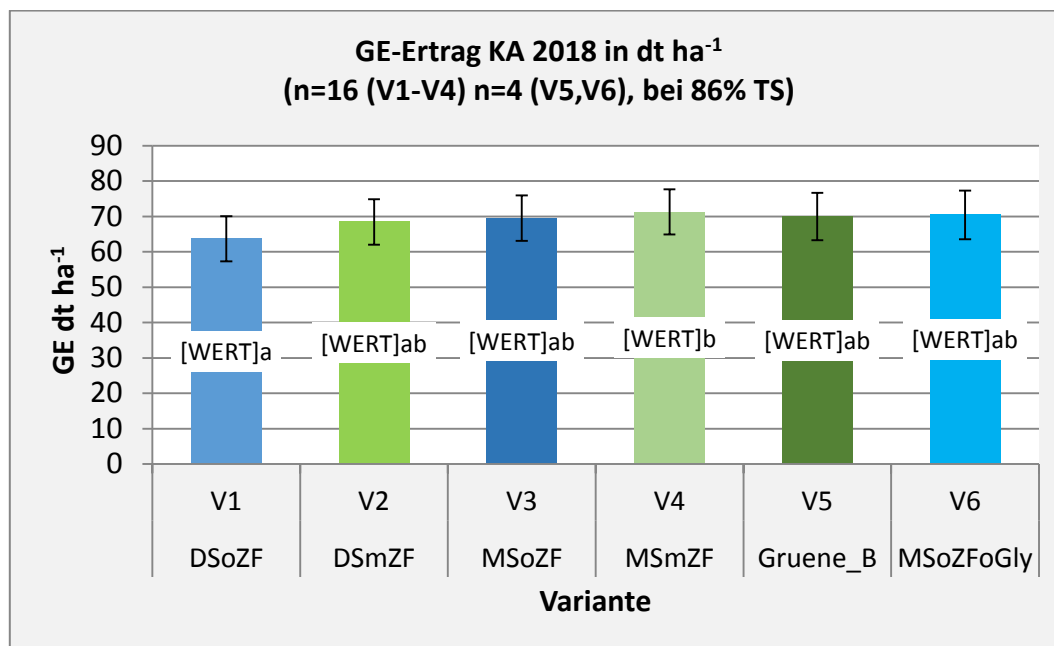


Abb. 1: Ertrag der Hauptkulturen auf den Streulagen-Versuchsflächen (n=16) in Getreideeinheiten (dt ha⁻¹) im Wirtschaftsjahr 2017/2018. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede aus dem Mittelwertsvergleich (Tukey-Test p ≤ 0,05).

Die Ergebnisse zeigen, dass ein System mit intensivem Zwischenfruchtanbau und minimaler Bodenbearbeitung positive Wirkungen in ökologischer und pflanzenbaulicher Sicht haben kann. Die Risiken werden allerdings erhöht, wenn kein Glyphosat zur Verfügung steht. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn Zwischenfrüchte nicht das erwartete Wachstum zeigen. Eine Korrektur ist dann nur über intensivierte Bodenbearbeitung möglich. Die Bereitschaft von Landwirten, unter diesen Umständen Zwischenfrüchte auszusäen wird vermutlich sinken.

Literatur

- HALLAMA, M., PEKRUN, C., LAMBERS, H. AND KANDELER, E., 2019. Hidden miners—the roles of cover crops and soil microorganisms in phosphorus cycling THROUGH agroecosystems. *Plant and Soil*, 434(1-2), pp.7-45. doi.org/10.1007/s11104-018-3810-7
- HOBBS, P. R., SAYRE, K., & GUPTA, R. (2008). The role of conservation agriculture in sustainable agriculture. *Philosophical Transaction of the Royal Society B*(363), S. 543-555.

Neue Absatzmärkte für Gärprodukte durch Aufbauagglomeration mit Sekundärstoffen

F. Repmann¹, N. Dietrich¹, M. Heinrich¹, K. Sensel-Gunke², N. Petzke³,
W. Bokelmann³ und T. Raab¹

¹Lehrstuhl Geopedologie und Landschaftsentwicklung/Brandenburgische Technische Universität Cottbus – Senftenberg, Cottbus, ²Institut für Agrar- und Stadtökologische Projekte an der Humboldt-Universität zu Berlin (IASP), Berlin, ³Albrecht Daniel Thaer - Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Ökonomik der Gärtnerischen Produktion/Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. E-Mail: repmann@b-tu.de

Einleitung

Der Ausbau des Biogassektors hat zu einem erhöhten Gärrestaufkommen insbesondere in landwirtschaftlich intensiv genutzten Regionen geführt. Da die Ausbringungsmengen nach Novellierung der Düngeverordnung (DüV, 2017) limitiert sind, führt dies zu Gärrestüberschüssen, die nicht mehr ausschließlich im landwirtschaftlichen Bereich genutzt werden können und insofern einer anderen Nutzung zugeführt werden müssen (Kröger et al., 2016). Das Projekt Skarabäus untersucht deshalb, ob und in welcher Weise Gärreste aus NawaRo-Biogasanlagen zu organisch-mineralischen Düngerprodukten umgearbeitet/aufgewertet werden können und wie diese anschließend außerhalb des landwirtschaftlichen Sektors als maßgeschneiderte Düngerprodukte im Hobby- und Kleingartenbereich aber ebenso im Bereich Garten- und Landschaftsbau vermarktet werden können. Kernziel des Projekts ist die Entwicklung von mindestens drei verschiedenen marktfähigen Düngerprodukten in Form eines Gemüse-, Rasen- und Blühpflanzendüngers auf der Basis von Gärresten der Biogaserzeugung mit jeweils entsprechend angepassten Produkteigenschaften.

Material und Methoden

Im Rahmen des Projekts werden die abgepressten, festen Gärreste der Biogaserzeugung betrachtet und als Ausgangsstoffe für alle weiteren Untersuchungen verwendet. Aktuell werden separierte Gärreste, die im Wesentlichen aus fermentierter Maissilage und Rindergülle bestehen und insofern für landwirtschaftliche Biogasanlagen repräsentativ sind, aus der Region Südbrandenburg untersucht.

Methodisch ist das Gesamtprojekt Skarabäus in drei Teilprojekte gegliedert. Im Rahmen des Teilprojekts 1) ‚Technologische Produktentwicklung‘ werden aus den festen, entwässerten Gärresten und geeigneten Additiven Düngeragglomerate mittels Verfahren der Aufbauagglomeration hergestellt. Ziel ist zunächst die Entwicklung von geeigneten Verfahren und Rezepturen, die es ermöglichen aus den zumeist faserigen Gärresten kugelförmige, stabile Düngeragglomerate mit definierten Eigenschaften herzustellen. Die versuchsmäßige Agglomerierung/Rezeptentwicklung wird dabei mittels Eirich-Mischer untersucht und realisiert. Als Additive, zur Erzeugung stabiler Agglomerate kommen mineralische Stoffe wie z.B. Kalk und Ton aber auch organische Reststoffe wie z.B. Vinasse zum Einsatz. Die Einstellung der Nährstoffgehalte erfolgt in einem weiteren Schritt ebenfalls über Sekundärstoffe (z.B. Holzasche oder Tiermehle) oder durch Zusatz mineralischer Düngemittel.

Im Teilprojekt 2) ‚Pflanzenbauliche Bewertung‘ werden die entwickelten und hergestellten Düngeragglomerate zunächst in Gefäßversuchen unter Gewächshausbedingungen untersucht. Dabei liegt der Fokus auf der Ermittlung der Düngewirkung der hergestellten Produkte im Vergleich zu unbehandelten Varianten

und Varianten mit handelsüblichen bzw. bereits am Markt verfügbaren, vergleichbaren Produkten. Die Ergebnisse der Gefäßversuche dienen zur weiteren Anpassung und Verbesserung der Basisrezepturen. Die abschließende Bewertung der angepassten Düngeragglomerate zum Einsatz als Rasen-, Gemüse- und Blühpflanzendünger wird anschließend im Freilandversuch vorgenommen.

Weitere wesentliche Bausteine des Vorhabens sind die Markt- und die Produktpotenzialanalyse im Rahmen des Teilprojektes 3) ‚Ökonomische Bewertung‘. Sie liefern insbesondere schon zu Beginn des Projekts die technischen und ökonomischen Produktanforderungen, die in die Formulierung der Basisrezepturen der Düngeragglomerate eingehen und so insgesamt die Entwicklung marktfähiger Produkte sowohl für den Hobbygärtner als auch im Bereich des Garten- und Landschaftsbaus garantieren sollen. Die technischen und ökonomischen Anforderungen werden dabei durch Analyse bereits am Markt befindlicher Produkte aber insbesondere auch aus repräsentativen Befragungen der Marktteilnehmer gewonnen.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Versuche, die mittels Eirich-Mischer vorgenommen wurden, haben die generelle Anwendbarkeit der Aufbauagglomeration belegt. Es hat sich gezeigt, dass insbesondere der Anteil an Feinstoffen im Gärrest und die Wahl und der Anteil der Additive entscheidend für eine erfolgreiche Agglomeration sind. Grobe, überwiegend faserige Gärreste ließen sich bislang nur schlecht und nur durch Zusatz größerer Mengen an mineralischen Fest-/Feinstoffen (Kalk und Bentonit) binden und führten zu Agglomeraten mit überwiegend großen Durchmessern (ca. 95% > 6,3 mm), die nach ersten Anwenderbefragungen nur wenig Akzeptanz finden. Nach teilweiser Zerkleinerung der Gärrestfasern konnten dahingegen Agglomerate unter Beimischung vergleichsweise geringer Anteile an Zusatzstoffen hergestellt werden. Auch konnten auf diese Weise Agglomerate mit kleineren Durchmessern (ca. 80% < 6,3 mm) erzeugt werden. Die vorläufigen Ergebnisse einer Befragung von Klein- und Hausgärtnern deuten darauf hin, dass es ebenso Akzeptanzprobleme bezüglich potenzieller Düngerbestandteile wie Tiermehl, Braun- und Steinkohle, Gülle aus landwirtschaftlicher Produktion, Torf sowie Alt-Feuerlöschpulver gibt. Eine mögliche Staubentwicklung oder unangenehme Gerüche von Düngemitteln werden meist toleriert. Als gefragte Zusatzstoffe in Düngemitteln eignen sich nach den ersten Umfrageergebnissen insbesondere Magnesium und Kalium. In Abhängigkeit zur Kultur (Gemüse vs. Rasen) werden zudem unterschiedlich lange Wirkzeiten vom Düngeprodukt erwartet, die in weiteren Entwicklungsschritten Beachtung finden sollten.

Literatur

- DüV (2017). Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen (Düngeverordnung - DüV). https://www.gesetze-im-internet.de/d_v_2017/D%C3%BCV.pdf
- Kröger, R., Reckmann, M., Schaper, C. und Theuvsen, L. (2016). Gärreste als Gartendünger vermarkten? Berichte über Landwirtschaft, Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft, Band 94, Ausgabe 1, Hrsg.: BMEL. <http://dx.doi.org/10.12767/buel.v94i1.99.g243>

Morphological response of soybean to the light regime within an intercropping system with maize

Sebastian Munz

Institute of Crop Science, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany.

E-Mail: s.munz@uni-hohenheim.de

Introduction

In intercropping systems with species differing in canopy height, competition for light considerably influences the system productivity. For optimizing these systems, the degree of light competition and its effect on morphology, light interception and finally productivity have to be known (Zhu et al., 2015). Therefore, the aims of this study were to (i) experimentally create a gradient of light competition for soybean, and (ii) to measure the induced response in morphology and yield.

Materials and methods

An experiment with maize and two soybean cultivars (Merlin, Sultana) was conducted at the University of Hohenheim in 2016 and 2017. The crops were planted in strips - 6 rows of maize alternated with 12 (2016) and 6 (2017) rows of soybean - to create a large gradient of light competition. At several positions across the soybean strip, the photosynthetically active radiation was measured continuously for certain days and final internode and petiole lengths, and leaf area were measured. At harvest, yield was determined in all rows across the soybean strip and for monocropped soybean.

Results and discussion

The spatial arrangement of the crops in alternating strips creates a diurnal pattern of shading that depending on position within the strip and sky conditions (Fig. 1). For instance, on a clear day row 1 on the east side of the soybean strip received almost full sunlight during the morning, then around noon shading by maize started and the light availability decreased sharply (Fig. 1, left). Whereas, on a cloudy day the percentage of shading remained almost equal during the day, as diffuse radiation originates almost equally from all sky angles (Fig. 1, right). The shading intensity (in % of total radiation) was lower on a cloudy day with 76 % compared to 63 % for row 1.

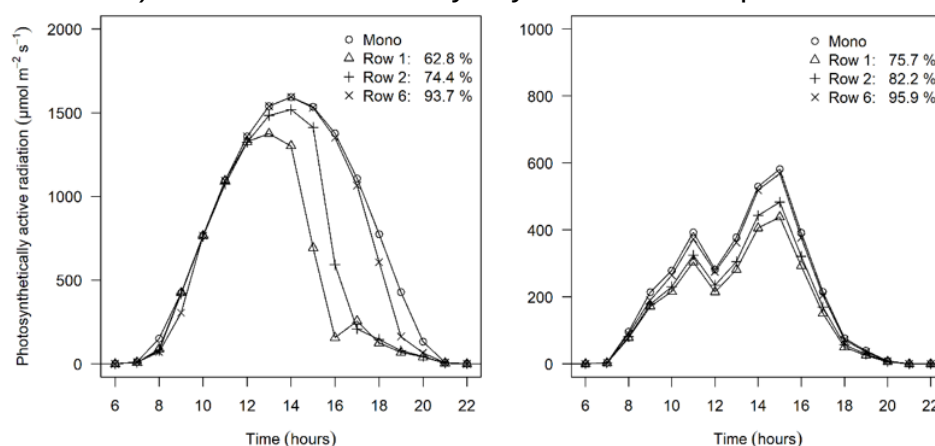


Fig. 1.: Photosynthetically active radiation at the top of the soybean canopy across the intercropping strip (Row 1 = east, next to maize; Row 6 = center) and the monocropped soybean (Mono) in 2016 during a clear (left) and cloudy (right) day at flowering of maize (maximum plant height and leaf area index). Percentage values in comparison to Mono.

The strongest morphological response was observed for the final length of the internodes (Fig. 2, left). Petiole length (Fig. 2, right) and leaf area (not shown) were

also increased but did not continue to further increase until the highest shade level (Row 1).

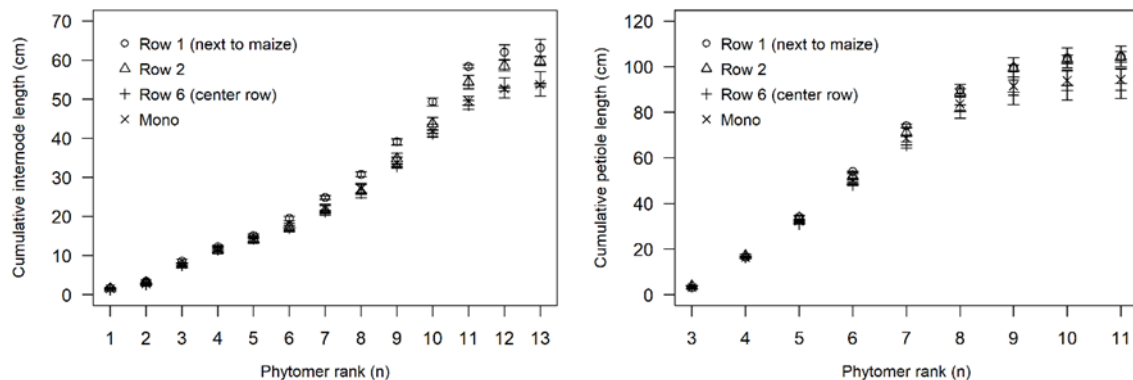


Fig. 2.: Cumulative internode (left) and petiole (right) length across phytomer ranks for soybean in different rows across the intercropping strip and in monocropping during 2016. Error bars indicate standard error of the mean (n=3).

This might indicate that these latter responses were limited by assimilate availability. The two cultivars showed minor differences in their response to shade (not shown), but large differences in yield. For Merlin, yield was only reduced in the row next to maize in 2016, whereas Sultana showed a lower yield across all intercropped rows (Fig. 3). In 2017, lodging due to strong rainfall reduced the yield of both cultivars considerably in intercropping (not shown).

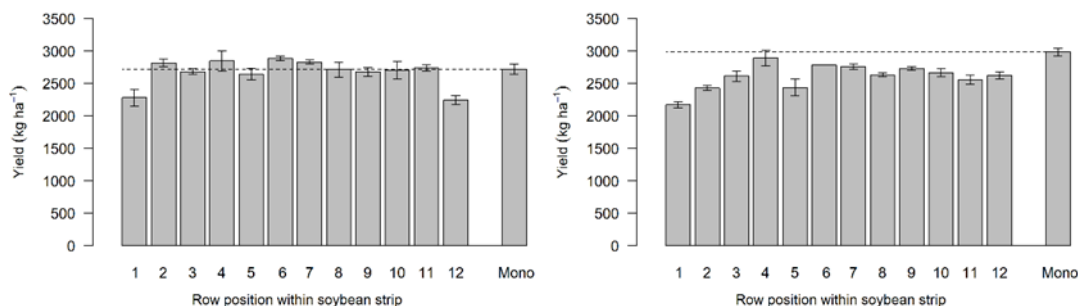


Fig. 3.: Grain yield across the soybean intercropping strip and of monocropped soybean (Mono) for the cultivars Merlin (left) and Sultana (right) in 2016. Error bars indicate standard error of the mean (n=3).

The acquired data is further used to parameterize a functional-structural plant model to analyze the effect of morphological differences on light interception (Munz et al., 2018) with the aim to identify promising cultivar characteristics and spatial cropping patterns.

References

- Munz, S., Henke, M., Graeff-Hönniger, S. (2018): Functional-structural plant model for testing the effect of maize architecture on hourly light distribution in strip-intercropping systems. 6th International Symposium on Plant Growth Modeling, Simulation, Visualization and Applications (PMA), Hefei, China, pp. 115-119.
- Zhu, J., van der Werf, W., Anten, N.P.R., Vos, J., Evers, J.B. (2015): The contribution of phenotypic plasticity to complementary light capture in plant mixtures. *New Phytologist* 207, 1213-1222.

Functional adaptation strategies in photosynthesis to light and nitrogen availabilities of two highly productive cucumber cultivars with contrasting canopy structures

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

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

Introduction

Canopy structure, the spatial arrangement of the photosynthetic apparatus, is related to the capture and utilization of light energy driving photosynthesis. Structural traits determine the degree of self-shading (Falster and Westoby, 2003) and traits such as average leaf area and leaf angle are genetically controlled (Truong *et al.*, 2015; Alqudah *et al.*, 2018). Thus, we hypothesize that, to optimize canopy photosynthesis according to their intra-canopy light distribution, plants should develop specific strategies of functional adaptation. This involves the responses of leaf traits, e.g. leaf mass per area (LMA), nitrogen content per dry weight (N_m), and fraction of photosynthetic nitrogen in total nitrogen (fN_p) to environmental signals. The product of LMA, N_m , and fN_p gives the photosynthetic nitrogen per area (Np_a), which should correlate with photosynthetic capacity (A_{max}).

We examined the functional adaptation strategies to light and nitrogen availabilities of two productive cucumber cultivars, which showed comparably high A_{max} in the greenhouse despite their contrasting structural traits.

Materials and Methods

Cucumber varieties ‘Aramon’ and ‘SC50’ were cultivated with vertical single-stem system in two seasons, spring and summer, in a greenhouse experiment. Leaf area (LA), LMA, total leaf nitrogen, and A_{max} were measured at various canopy depths.

To exclude the structural effect on light environment at the leaf caused by self-shading, a growth chamber experiment was conducted under three constant light (28.9, 14.2, 4.4 mol m⁻² d⁻¹) and three nitrogen levels (2.5, 5.0, 10 mM NO₃⁻), where the measured leaves were kept fully exposed to the incoming light. Leaf area, LMA, N_m , fN_p , and A_{max} were measured at leaves at various ages, ranging from 45–558°Cd. Multiple regression was applied to test a model describing the responses of leaf traits to multiple factors, i.e. light, nitrogen supply and leaf age (Fig. 1).

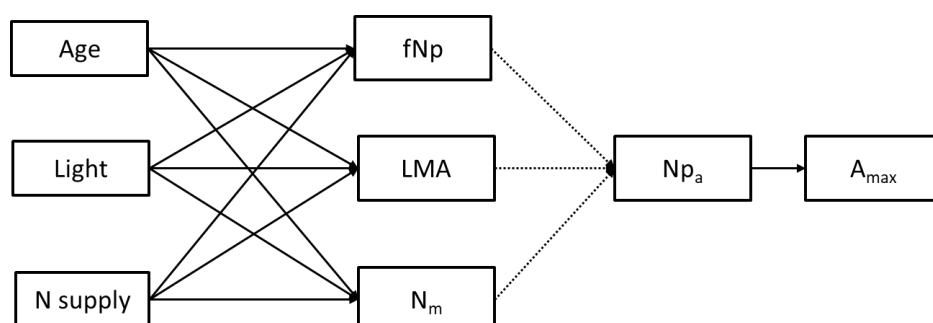


Figure 1. Structure of the model. Solid lines indicate the casual relationships in the model and the dotted line indicates that Np_a is the product of LMA, N_m , and fN_p , which is not analyzed in the model causal relationship.

Results and Discussion

The model explained significant variation in LMA and N_m with R^2 over 0.7, fNp over 0.3, A_{max} over 0.5. Both cultivars adapt to increasing light through increasing leaf mass per area (LMA) by comparable degree, but the LA of a single leaf is cultivar-specific. Different responses in N_m and fNp were observed between the varieties. fNp of 'SC50' does not respond to environmental signals but decreases with leaf aging. For 'Aramon', whose fNp increases with decreasing nitrogen availability, securing nitrogen investment in photosynthesis under low nitrogen availability may be of high priority. Also, 'Aramon' has generally higher fNp than 'SC50' and partitions more nitrogen to photosynthetic functions under lower compared to higher light availability. The results indicate that the adaptation strategy of the small-leaved cultivar 'SC50', which allows deeper light penetration, is to achieve higher photosynthetic capacity through higher LMA, while 'Aramon', with its higher photosynthetic area due to larger leaves, increases fNp of the mutually-shaded leaves to compensate for the lower LMA by increasing the nitrogen investment in photosynthesis per area. These differences in the functional adaptation strategies explain the observations in the greenhouse in the two seasons: (1) despite the contrasting leaf area ('SC50' has 30-50% less) and LMA ('SC50' has 20-30% higher LMA), 'Aramon' and 'SC50' showed comparably A_{max} in the greenhouse; (2) A_{max} and plant dry weight of 'Aramon' is less sensitive to the change in the light environment.

Reference

- Alqudah AM, Youssef HM, Graner A, & Schnurbusch T. (2018). Natural variation and genetic make-up of leaf blade area in spring barley. *Theoretical and applied genetics* 131: 873-886
- Falster DS & Westoby M. (2003). Leaf size and angle vary widely across species: what consequences for light interception? *New Phytologist* 158: 509-525.
- Truong SK, McCormick RF, Rooney WL & Mullet JE. (2015). Harnessing genetic variation in leaf angle to increase productivity of *Sorghum bicolor*. *Genetics* 201: 1229-1238.

A QTL based model to quantify the water used of 200 Barley (*Hordeum vulgare* L.) genotypes under drought stress

Dany Moualeu-Ngangue*, Christoph Dolch and Hartmut Stützel

Leibniz Universität - Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover.

E-Mail: moualeu@gem.uni-hannover.de

Introduction

Plants reaction to water deficit can be physiological, morphological and/or biochemical. The plant response strategies against drought stress can be distinguished into avoidance and tolerance mechanisms. Short and long term reactions of different plants to drought stress were observed. One of the first observed reactions to drought stress was stomatal closure to limit the water loss through transpiration (Chaves *et al.*, 2003) leading to a reduction of the transpiration rate of the plant (Allen *et al.*, 1998). Because the exchange of carbon dioxide (ingress) and water vapour (egress) are regulated through the stomata, transpiration has direct effects on biomass accumulation. Dry matter production and crop transpiration were found to be strongly related (Blum, 2009). As long-term response to drought stress, plants were observed to reduce the transpiration area. Using ecophysiological models, it is now possible to simulate the water use of a couple of genotypes under different environments. A genetic model also allow to quantify the contribution of each genome region or markers of a crop species under a single environment. The combination of physiological models and quantitative trait loci (QTL) analysis of some plants phenes might help to predict the performance of all genotypes of a plant species under all environments and allow the genetic variability of a physiological drought response to be analyzed.

Material and methods

209 genotypes of spring barley belonging to the “barley core collection” (Bothmer *et al.*, 2004) and covering a wide range of species and origins, obtained from the Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research (IPK, Gatersleben, Germany) were investigated. Six pot experiments were conducted from 2012 to 2015 with these barley genotypes in an open-sided vegetation hall of the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Germany. During the experiments, all pots were weighted three times per week to calculate transpiration and soil water content until the transpiration rate of the stressed plants decreased to 10% of the respective control plants. Different plant dynamics traits such as leaf elongation rate (LER), leaf appearance rate (LAR), leaf water potential, and plant transpiration rate were investigated. LER and LAR were estimated per unit temperature sum and using the difference in leaf length and number of leaves, respectively, between two measurements. Similar to the relative transpiration rate the relative stomatal conductance and the relative leaf water potential were estimated as ratio of measured values of the water-limited plant by the values of the well-watered plant. Genome-wide association studies were performed for investigated traits according to the method described by Naz *et al.* (2017). We used a linear mixed model to calculate the QTLs:

$$Y_{ijk} = \mu + M_i + T_j + M_i * T_j + L_k(M_i) + \varepsilon_{ijk}$$

where Y_{ijk} is the phenotypic value; μ is the general mean; M_i is the fixed effect of the i -th marker genotype/haplotype; T_j is the random effect of j -th treatment; $M_i * T_j$ is the

interaction effect of i -th marker with j -th treatment; $L_k (M_i)$ is the random effect of k -th barley line nested within the i -th marker genotype/haplotype and ε_{ijk} is the residual. The data of the absolute traits were used for QTL analysis. The QTL-based model for the leaf growth was coupled to the penman-Monteith equation which simulated the amount of water transpired by each genotype at a given day. The canopy stomatal conductance was calculated for each leaf and the dynamics were described using a beta function. For no measured data from leaf length of the tillers was available, the leaf growth of tillers were estimated from leaf growth of main stem with some modification. The growth of leaves of tillers was simulated simultaneously with the one of the main stem, delayed by 1 leaf. A model to predict the water used of each of the genotype was developed and a genome wide association studies was performed for each measured quantitative trait under drought stress. These parameters were calculated as a function of soil water and estimated for these parameters QTLs, which are incorporated as a genetic component in the ecophysiological model to build the QTL-based model.

Result and discussion

A high diversity in the response to drought stress was observed amount all the 209 genotypes and the model successfully reproduced the expected effect of drought stress on water used for all genotypes. Some QTLs explaining the variability in water related parameters of the 209 Barley genotypes was found and their contributions was quantified. Significant QTLs was also found for traits such as LAR and LER. The model predicted well the water use of different genotypes for different years under both control and stress conditions. The model will be extended to predict the dry matter and grain yield prediction under water deficit.

References

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M. 1998. *Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements*. Rome: FAO.
- Blum A. 2009. Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. *Field Crops Research* 112: 119–123.
- Bothmer Rv, Knupffer H, Sato K. 2004. *International Barley Core Collection status report*.
- Chaves MM, Maroco JP, Pereira JS. 2003. Understanding plant responses to drought — from genes to the whole plant. *Functional Plant Biol.* 30: 239.
- Naz AA, Reinert S, Bostanci C, et al. 2017. Mining the global diversity for bioenergy traits of barley straw: Genomewide association study under varying plant water status. *GCB Bioenergy* 2: 875.

Sensitivity of structural and functional drought reactions of tomatoes under varying vapor pressure deficits

San Shwe Myint, Dany Moualeu-Ngangué and Hartmut Stützel

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

Introduction

Under drought stress, plant adjusts its structures and functions to optimize its growth and development for improved efficiency and/or sustained productivity through the avoidance or tolerance of cell water desiccation. Drought tolerance is defined as the ability to adapt to water-limited conditions while managing to produce a profitable yield (Blum, 1996; Passioura, 1997). Among the adaptation strategies, drought avoidance or water saving strategy includes adaptive responses that maintain plant–water status even in the face of a drying environment (Juenger, 2013), in favour of survival via the reduction of leaf expansion, stomatal closure and reduced transpiration. Dehydration tolerance is a water spending mechanism which sustains productivity in the face of soil water deprivation through the maintenance of cell turgor, stomatal opening and continued transpiration. Plant's structures, ontogeny and nature of water deficits can influence plant's adaptation strategy (i.e avoidance or tolerance) in connection to other environmental condition such as vapor pressure deficit. Tomato frequently suffers from erratic water supply especially in open field production in the tropics, which leads to considerable yield lost. For selection of management options and breeding improvement in coping with this problem, the information regarding genotypic specific adaptive responses in a given environment is required. Studying the dynamics of relative performances of leaf expansion, stomatal conductance and transpiration upon soil drying allows the assessment and comparison of coping strategies used by genotypes at prevailing ambient conditions. Therefore, the experiment was carried out 1) to investigate the drought reactions in terms of soil water threshold and slope of intensity as a function of soil drying and 2) to assess how these responses are influenced by air vapor pressure deficits.

Materials und Methods

A panel of 50 tomato introgression lines and two parent lines (recurrent *Solanum lycopersicum* cv. M82 (LA3475) and wild type *Solanum pennellii* (LA0716)) were investigated in pot experiments under greenhouse condition. A 4 x 2 RCBD was used in factorial arrangement. Terminal drought stress was imposed by withholding water when the plants were at 7th leaf stage. Daily measurement of soil water level was performed by taking the pot weight. The plant available soil water status of the pots was expressed as the fraction of transpirable soil water (FTSW) for each pot under drought treatment. The daily value of FTSW was estimated as described in Masinde et al. (2006). The difference in pot weights between two consecutive days was considered as the water lost through transpiration. Transpiration ratio (TR) was calculated as the daily transpiration of droughted plants relative to the average transpiration of well-watered plants. Normalized TR (NTR) was then computed according to Masinde et al. (2006). After the imposition of drought stress, stomatal conductance (SC) was measured daily on fully expanded upper leaves at 11:00–13:00 h with a Licor 1600 steady-state porometer (Lincoln, NE, USA). Leaf elongation rate (LER) and stem elongation rate (SER) were calculated as the daily change in leaf length and stem length produced during the stress period,

respectively. The relationships between relative LER, SER, SC and NTR, and FTSW were developed using linear plateau model (LPM) with the non-linear procedure of SAS (2019):

relative parameter = 1 if $FTSW > FTSW_t$;

relative parameter = $1 + A \times (FTSW - FTSW_t)$ if $FTSW < FTSW_t$

where A is the slope of the linear decline and $FTSW_t$ the FTSW threshold at which the relative parameter began to decline. The plants were harvested when the stressed plants showed $\approx 10\%$ transpiration of the controlled ones. The coefficients data were subject to ANOVA in linear mixed model to find the genotypic and environmental (block) effects. To determine VPD effects on the variation of coefficients global and local regressions were performed by plotting coefficients against daytime vapor pressure deficits (VPD). The distribution of the slopes of regression was then described in histograms. To quantify the proportion of variance for drought reactions parameters due to genetic factors, broad sense heritability (H^2) was calculated.

Results and Discussion

Strong negative relations ($r = -0.51$ to -0.94) were found between thresholds and stress intensity for all relative traits evaluated. The high proportion of phenotypic variability due to genetic factors was found only for thresholds, especially for RSC being the highest ($H^2 > 0.6$). Early reactions to FTSW decline was observed for most relative traits, except RSC, implying the delayed stomatal reaction to drought stress. VPD could explain variation of global NTR thresholds the most ($r^2 = 0.49$), showing early reaction at high magnitude of VPD (e.g $FTSW_t = 0.5$ at VPD 2.5 KPa). For most ILs, increasing VPD induced an earlier response of RSC and a later response of RLER to FTSW. Tomato genotypes mainly use tolerance mechanism to cope with drought stress which can shift to avoidance strategy under high VPD conditions. By using the LPM, genotypic coefficients for the time of drought reaction and following stress intensity could be estimated in terms of relative trait performance of tomatoes under drought scenarios.

Literature

- Blum A. 1996. Crop responses to drought and the interpretation of adaptation. *Plant Growth Regulation* 20, 135–148.
- Juenger TE. 2013. Natural variation and genetic constraints on drought tolerance. *Current opinion in plant biology* 16, 274–281.
- 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.
- Passioura JB. 1997. Drought and drought tolerance. In: Belhassen E, ed. *Drought Tolerance in Higher Plants: Genetical, Physiological and Molecular Biological Analysis*. Dordrecht: Springer Netherlands, 1–5.

Einfluss der Lichtumgebung auf das Wachstum und die Morphologie von Chinakohl und Basilikum in Torfersatzstoffen

Jan A. Solbach, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

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

Einleitung

In Torfersatzstoffen angezogene Pflanzen sind oftmals durch veränderte morphologische Merkmale und Wachstumsdepressionen gekennzeichnet (z.B. De Lucia et al., 2013). Durch die Verwendung von wellenlängenspezifischen Leuchtdioden (LEDs) kann die Pflanzenmorphogenese jedoch gezielt beeinflusst werden, da die Lichtqualität, -intensität und Belichtungsdauer das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen stark beeinflussen (Goto, 2003). So wird eine Zunahme der photosynthetisch aktiven Strahlung (PAR) für gewöhnlich mit einem Anstieg der Biomasse assoziiert. Veränderungen in der Lichtqualität beispielsweise durch eine Änderung des Hellrot-/Dunkelrot-Verhältnisses (HR/DR) triggern Schattenvermeidungsreaktionen in der Pflanze. In Folge reagiert die Pflanze durch Streckung (niedriges HR/DR) oder Stauchung (hohes HR/DR) von Organen. Die Effekte sind allerdings stark von der Lichtumgebung und Pflanzenart abhängig (Demotes-Mainard et al., 2016).

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es durch den Einsatz bestimmter Lichtbedingungen (Lichtqualität und -intensität) das Wachstum und die Morphologie von Chinakohljungpflanzen (*Brassica rapa* ssp. *pekinensis*) und Basilikumsämlingen (*Ocimum basilicum* L.) zu optimieren und mögliche durch Torfersatzstoffe hervorgerufene Wachstumsänderungen zu kompensieren.

Material und Methoden

Von April bis September 2017 wurden Versuche im Gewächshaus der Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau durchgeführt. Chinakohl ‚Sprinkin‘ (Syngenta, Deutschland) und Basilikum ‚Edwina‘ (Enza Zaden, Niederlande) wurden in 10-Loch Trays mit drei verschiedene Substrate ausgesät: 100 % Weißtorf (Kontrolle); 30 % Kokosmark, 20 % Holzfaser, 50 % Perlit (Mischung 1); 15 % Kompost, 35 % Holzfaser, 20 % Perlit, 30 % Torfmoos (Mischung 2). Die Gesamte Zahl an Trays je Versuch betrug 240 – 80 Trays je Substrat. Es wurde je zwei Durchläufe pro Kultur durchgeführt.

Die Pflanzen wurden auf zwei Tischen im Süden eines Gewächshauses kultiviert. Über jedem Tisch hingen je drei LEDs (LED-KE 300, DH Licht GmbH, Wülfrath, Deutschland) in gleicher Reihenfolge, die einen fließenden Lichtgradienten aus dunkelrotem (730 nm), hellrotem (660 nm) und blauem (440 + 465 nm) Licht auf den Tischen abbildeten. Der Lichtgradient wurde in 20 Positionen unterteilt. In jeder dieser wurde je ein Tray je Substrat randomisiert. Eine Kontrolle ohne Zusatzlicht befand sich neben dem Lichtgradienten. Außerdem befanden sich auf jedem Tisch zwei Auswertungstermine (4 Auswertungstermine je Versuch). Die Lichtbehandlung begann sobald die Pflanzen die Substratoberfläche durchbrochen hatten (etwa zwei Tage nach Aussaat). Die Zusatzbeleuchtung wurde täglich für 18 Stunden eingeschaltet (5 bis 23 Uhr). Die Tag-/Nachttemperatur der Gewächshauseinstellung betrug 20°C/16°C und die Dachlüftungen öffneten ab 24 °C. Die Bewässerung der Pflanzen erfolgte laut substratspezifischer Wasserkapazität. Nach Unterschreitung

einer Kapazität von 70 % wurden die Pflanzen mit einer 2 g L^{-1} konzentrierten Nährlösung (Ferty 2 Mega, Planta Düngemittel GmbH, Deutschland) durch Anstauen fertigiert. Zu jedem Auswertungstermin wurden Daten bezüglich der Hypokotyl-, Epikotyl-, und Internodienlängen, Blattflächen und Frisch-/Trockenmassen aufgenommen. Außerdem wurden Daten zur Wurzelarchitektur und Photosynthese erhoben. Die spektrale Lichtverteilung des Lichtgradienten wurde für jede Pflanze mit einem Spektrometer (USB4000, OceanOptics, USA) aufgenommen. Basierend auf den Spektraldaten wurden die prozentualen Lichtanteile für Einzelpflanzen und die Positionen im Gradienten berechnet. Die Daten wurden mittels gemischtem Modell und sequentieller ANOVA analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Chinakohl und Basilikum unterschieden sich generell hinsichtlich ihrer morphologischen Reaktion. Während Chinakohl erwartete Schattenvermeidungsreaktionen zeigte (kompakter Wuchs mit zunehmendem HR/DR), wies Basilikum diese Merkmale nicht auf. Stattdessen wurde eine entgegengesetzte Reaktion beobachtet: Mit steigendem Hellrot kam es zu einer zunehmenden Streckung verschiedener Pflanzenorgane wie beispielsweise der Internodien.

In beiden Kulturen wurden die untersuchten Pflanzenparameter signifikant vom Substrat und der Lichtumgebung (Position im Lichtgradient) beeinflusst. Der Positionseffekt war dabei deutlicher ausgeprägt als der Substrateffekt. Eine Interaktion zwischen Substrat und Lichtumgebung konnte nicht nachgewiesen werden. Ein Großteil der beobachteten Effekte kann vor allem durch eine Zu- bzw. Abnahme der PAR erklärt werden. Die Biomassen und Blattflächen nahmen mit steigender PAR zu. Auch die Epikotyl- und Internodienlänge von Basilikum stieg mit zunehmender Intensität an. Neben den Intensitätseffekten deutete es sich an, dass ein hoher Anteil an dunkelrotem Licht die Trockenmasse und Blattfläche von Chinakohl unter geringer PAR negativ beeinflusst und die spezifische Blattfläche erhöht. Ein hoher Blauanteil scheint hingegen im Vergleich zu Hellrot zu einer geringeren Blattexpansion und Abnahme der spezifischen Blattfläche zu führen. Ähnliche Lichtqualitätseffekte zeichnen sich auch für Basilikum ab. Weiterführende Analysen finden derzeit statt.

Danksagung

Die Arbeit wurde durch das Niedersächsische Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz gefördert.

Literatur

- De Lucia, B., Vecchiatti, L., Rinaldi, S., Rivera, C. M., Trinchera A., Rea, E. (2013): Effect of peat-reduced and peatfree substrates on rosemary growth. *Journal of Plant Nutrition*, 36(6), 863-876.
- Demotes-Mainard, S., Péron, T., Corot, A., Bertheloot, J., Le Gourrierec, J., Pelleschi-Travier, S., Crespel, L., Morel, P., Huché-Thélier, L., Boumaza, R., Vian, A., Guérin, V., Leduc, N., Sakr, S. (2016): Plant responses to red and far-red lights, applications in horticulture. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 4-21.
- Goto, E. (2003): Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. *Environmental Control in Biology*, 41(2), 121-132.

Evaluation of growth and yield performance of medium duration pigeonpea (*Cajanus cajan*) under water stress

Samuel Murachia Kamau¹, Hartmut Stützel¹ and John Mwibanda Wesonga²

¹Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover, ²Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Directorate of Performance Contracting and Appraisal, Nairobi.
E-Mail: kamau@gem.uni-hannover.de

Introduction

Pigeonpea (*Cajanus cajan*) is the sixth most important grain legume in the world (Kassa et al., 2012; Varshney et al., 2011). It is an important protein source to more than a billion people in the world. However, pigeonpea potential has not been fully exploited as farmers still obtain less than 1,000 kg ha⁻¹ out of the projected possible 2,500 kg ha⁻¹ (Varshney et al., 2011). Water stress is cited as one of the major limitation to obtain optimal yields. Even though pigeonpea is considered highly tolerant to drought, response to water deficiency is genotype specific (Nam et al. 2001) with the genotype effect having a strong interaction with the environment. Traits associated with adaptation to water stress such as specific leaf area, leaf area index, stomatal conductance and water use efficiency vary highly between genotypes (Lopez et al., 1997; Vanaja et al., 2015). The objectives of this study therefore are (i) to evaluate the response of different genotypes in traits associated with water use, (ii) to determine the best combination of traits components for optimum pigeonpea productivity under water limiting conditions and (iii) to evaluate genotypic variation in growth and yield performance under water sufficient and drought stress conditions.

Materials and Methods

This study will utilize seven medium maturity group pigeonpea varieties that have been bred and improved by the International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT). The experiment will be conducted at the Leibniz Universität Hannover, Institute of Horticultural Production Systems in Hannover (52.2°N, 54masl). Using a split plot design, the varieties will be grown under two water regimes: well watered (WW) and water deficit (WD) treatment. There will be 24 plants per plot, six of them comprising the data plants. The trial will have two replications. Rain-out shelters will be used to shield the crop from rain. Before sowing, time domain reflectometry (TDR) moisture sensors will be installed horizontally perpendicular to plant root zone in each plot at 10 cm, 30 cm and 60 cm to capture soil moisture content during the experimental period. Water supply will be controlled using a drip system. The whole field will be irrigated with sufficient water requirement calculated by using the Penman Monteith equation up to attainment of five non-cotyledonous leaves. After five leaves, WW treatments will be irrigated based on the calculated crop water requirement level. The WD treatment will be deprived of irrigation to the point when wilting symptoms will be observed. Irrigation will then be applied to the water deficient treatment. This will be repeated up to crop maturity. Observations on physiological traits will be made at the point of wilting symptoms and two weeks after irrigation. Weather data will be recorded for daily minimum and maximum temperature, radiation and wind speed. Light intensity will be measured fortnightly at top and bottom of canopy to determine the light extinction coefficient. Stomatal conductance will be measured fortnightly. Growth and development performance will be observed for shoot emergence, plant height, leaf emergence and abscission rate, leaf elongation rate, flowering, podding and maturity. Yield data will

be collected for fresh and dry weight of different plant partitions. Analysis of variance will be used to compare growth and yield performance of genotypes under drought and well watered condition. A linear mixed model will be used to evaluate the extent of variation contributed by each factor in determining growth and yield performance under water stress and water sufficient growth conditions for different genotypes. Genotype coefficients will be generated for various growth and physiological traits associated with water use and yield performance. Using data generated from this experiment two pathways will be used to predict total biomass and grain yield. The first approach will be based on photosynthetic pathway, where yield will be a function of photosynthesis rate and radiation use efficiency. The second pathway will model yield as a function of total water used and water use efficiency. Various drought scenarios will be simulated and growth and yield predicted by using a simulation model.

Expected results

Variation in water use and specific parameters of different genotypes for drought response are expected to be determined. The best combination of trait components for yield productivity will be found. It is expected that genotype variation in growth and yield performance will be determined for water sufficient and water limited conditions.

Literature

- Kassa, M. T., Penmetsa, R. V., Carrasquilla-Garcia, N., Sarma, B. K., Datta, S., Upadhyaya, H. D., Cook, D. R. (2012). Genetic patterns of domestication in pigeonpea (*Cajanus cajan* (L.) Millsp.) and wild *Cajanus* relatives. PLoS ONE, 7(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0039563>
- Lopez, F. B., Chauhan, Y. S., Johansen, C. (1997). Effects of timing of drought stress on leaf area development and canopy light interception of short-duration pigeonpea. Journal of Agronomy and Crop Science, 178(1), 1–7. <https://doi.org/10.1111/j.1439-037X.1997.tb00344.x>
- Nam, N. H., Chauhan, Y. S., Johansen, C. (2001). Effect of timing of drought stress on growth and grain yield of extra-short-duration pigeonpea lines. Journal of Agricultural Science, 136(2), 179–189. <https://doi.org/10.1017/S0021859601008607>
- Vanaja, M., Maheswari, M., Sathish, P., Vagheera, P., Jyothi Lakshmi, N., Vijay Kumar, G., Sarkar, B. (2015). Genotypic variability in physiological, biomass and yield response to drought stress in pigeonpea. Physiology and Molecular Biology of Plants, 21(4), 541–549. <https://doi.org/10.1007/s12298-015-0324-0>
- Varshney, R. K., Chen, W., Li, Y., Bharti, A. K., Saxena, R. K., Schlueter, J. A., Jackson, S. A. (2011). Draft genome sequence of pigeonpea (*Cajanus cajan*), an orphan legume crop of resource-poor farmers. Nature Biotechnology, 30(1), 83–89. <https://doi.org/10.1038/nbt.2022>

Vorversuch zur Empfindlichkeit von Wasserkreuzkraut (*Senecio aquaticus*) auf Heißwasserbehandlung

Martina Hofmann, Maximilian Dandl und Stefan Thurner

¹Fakultät Nachhaltige Agrar- und Energiesysteme, Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Freising;

²Institut für Landtechnik und Tierhaltung, Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising.

E-Mail: martina.hofmann@hswt.de

Einleitung

Im Grünlandgürtel des Voralpengebietes von Süddeutschland und benachbarten Ländern wird das Wasser-Kreuzkraut (*Senecio aquaticus*) in den letzten Jahren vermehrt im landwirtschaftlichen Grünland festgestellt. Die zwei- bis mehrjährige Art ist typisch für Nass- und Feuchtwiesen und kann lokal in Dichten von mehr als zehn Pflanzen pro Quadratmeter auftreten und zu einer Bedrohung für Nutztiere werden, da sie giftige Pyrrolizidin-Alkaloide enthält (Röder et al. 1990). Auf der Weide werden Kreuzkräuter bei nicht zu hohem Weidedruck von Weidetiere weitgehend gemieden, aber bei der Futterkonservierung werden zwar die arttypischen Bitterstoffe im Heu oder in der Silage abgebaut, nicht aber die Giftstoffe. Aufgrund ihrer kumulierenden Wirkung können die Giftstoffe schon bei kleinen, jedoch stetig aufgenommenen Mengen schleichend zu irreversiblen Leberschäden bis hin zu tödlichen Vergiftungen führen (Radkowsch et al. 2018). Vor allem auf ökologisch bewirtschafteten Grünlandflächen sollten bereits bei geringem Vorkommen die ersten Individuen früh und selektiv durch manuelles Ausstechen beseitigt werden. Diese arbeitsaufwändige Methode stößt bei massivem Vorkommen rasch an die Grenze der Machbarkeit, daher soll die Einzelpflanzenbekämpfung mit Heißwasserdampf in Gefäß- und Feldversuchen untersucht werden. In einem Vorversuch sollte die Empfindlichkeit von Wasserkreuzkraut bei unterschiedlicher Dauer und Temperatur einer Heißwasserbehandlung untersucht werden.

Material und Methoden

Von einer Feuchtwiese im Ampermoos bei Freising wurden Wasserkreuzkrautpflanzen entnommen, vorsichtig die Wurzeln aus der Erde in lauwarmen Wasser ausgespült und nachfolgend die Pflanzenwurzeln bis zum untersten Sprossansatz in ein Gefäß mit Heißwasser gehalten. Nach der Behandlung wurden die Pflanzen in vorbereitete Töpfe mit Versuchserde gepflanzt, in einer Vegetationshalle feucht gehalten und regelmäßig bonitiert.

Folgende Faktoren und Stufen wurden orthogonal kombiniert, wobei alle Varianten siebenfach wiederholt waren:

1 *Entwicklungsstadium*: 1.1 vegetativ (Rosettenstadium), 1.2 generativ (Vollblüte)

2 *Behandlung*: 2.1 unbehandelte Kontrolle, 2.2 70 °C/15 sec., 2.3 70 °C/30 sec., 2.4 70 °C/60 sec., 2.5 80 °C/15 sec., 2.6 80 °C/30 sec., 2.7 80 °C/60 sec.

Bei der Bonitur wurde zunächst der Schädigungsgrad der vorhandenen Blattrosette erfasst und zu einem späteren Zeitpunkt der Wiederaustrieb durch neu gebildete Blätter. Die Ergebnisse wurden mit einer zweifaktorielle ANOVA ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Bereits nach drei Tagen waren in den 80 °C-behandelten vegetativen Pflanzen zahlreiche Blätter abgestorben, wogegen bei den 70 °C-behandelten Varianten dieses Absterbestadium erst nach sechs Tagen erreicht war. Bei den generativen Pflanzen verliefen die Absterbevorgänge langsamer und nicht in dem Ausmaß

(Tab. 1). Offenbar sind generative Pflanzen, die meistens ein Jahr älter sind als vegetative Pflanzen robuster bzw. weniger empfindlich bei Heißwasserbehandlung. Nach zwei Monaten wurde der Austrieb von neugebildeten Blättern erfasst; in den 60 Sekunden behandelten Varianten war sowohl bei 70 als auch bei 80 °C kein Wiederaustrieb sichtbar; bei den 15 Sekunden behandelten Pflanzen fand in einigen Wiederholungen - jedoch ausschließlich von vegetativen Pflanzen - ein Wiederaustrieb statt.

Tabelle 1: Bonitur^{#)} des Absterbens der Rosettenblätter bzw. des Austriebs neuer Blätter zwei bzw. acht Wochen nach Heißwasserbehandlung

		Absterben (2 Wochen)		Wiederaustrieb (8 Wochen)	
		Entwicklung		Entwicklung	
Behandlung		vegetativ	generativ	vegetativ	generativ
Kontrolle		- 1,1 ^{#)}	- 0,9	+ 2,1	+ 0,9
70 °C	15 sec.	- 3,9	- 2,7	+ 1,3	+ 0,0
70 °C	30 sec.	- 3,8	- 2,7	+ 0,9	+ 0,0
70 °C	60 sec.	- 4,7	- 3,0	+ 0,0	+ 0,0
80 °C	15 sec.	- 4,4	- 2,4	+ 0,9	+ 0,0
80 °C	30 sec.	- 4,8	- 2,8	+ 0,4	+ 0,0
80 °C	60 sec.	- 4,9	- 3,0	+ 0,0	+ 0,0
ANOVA					
<i>Entwicklung</i>		***		***	
<i>Behandlung</i>		***		***	
<i>Entwicklung x Behandl.</i>		*		n.s.	

#) Absterben: 0 = keine Blattschäden, -1 = 1 – 2 leicht angewinkelte Blätter, -2 = 3 – 4 stark angewinkelte Blätter, -3 = alle Rosettenblätter stark angewinkelte, -4 = alle Blätter verwelkt, aber noch Spuren von Blattgrün, -5 = Blätter vollständig abgestorben. Wiederaustrieb: 0 = kein Wiederaustrieb, + 1 = geringer Wiederaustrieb, + 2 = deutlicher Wiederaustrieb, + 3 = umfangreicher Wiederaustrieb. ANOVA: n.s. = nicht signifikant; * = signifikant ($p \leq 5\%$), ** = hoch signifikant ($p \leq 1\%$), *** = sehr hoch signifikant ($p \leq 0,1\%$)

Offenbar reagieren vegetative Wasserkreuzkraut-Pflanzen empfindlicher auf Heißwasserbehandlung; aber die Behandlung muss ausreichend lange sein, damit auch der Sprossvegetationspunkt zerstört wird und es zu keinem Wiederaustrieb kommen kann.

Literatur

Radkowsch A, Zehm A, Gehring K (2018) Management von Problemarten Nr. 2 – Wasser-Kreuzkraut – *Senecio aquaticus* Hill. Bayerisches Landesamt für Umwelt und Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

Röder E, Wiedenfeld H, Kersten R (1990) The Pyrrolizidine Alkaloids of *Senecio aquaticus* Huds. Scientia Pharmaceutica 58, 1-8.

Aktivität von Phosphatasen in Abhängigkeit von der Phosphor-Zufuhr und der Fruchtart in unterschiedlichen Bodentiefen

Christina Lange, Theresa Zicker und Bettina Eichler-Löbermann

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

Einleitung

Durch die begrenzte Verfügbarkeit von Rohphosphat für die Düngemittelherstellung wird ein verbessertes Recycling von Phosphor (P) angestrebt. Dabei stellt die Verwendung organischer Rückstände wie beispielsweise Kompost einen wichtigen Beitrag zur P-Versorgung im Pflanzenbau dar. Die P-Freisetzung aus organischer Substanz wird durch Phosphatasen unterstützt. Sowohl die alkalische als auch die saure Phosphatase (alP, acP) zählen zur Gruppe der Phosphomonoesterasen und katalysieren die hydrolytische Spaltung von Phosphatmonoestern. Als Bodenenzyme, werden sie auch von den Standortbedingungen sowie der Bewirtschaftung beeinflusst.

Material und Methoden

Zur Ermittlung der Einflüsse verschiedener P-Düngungen und Kulturarten auf die Aktivität der alP und acP im Boden wurden 2017 Bodenproben aus einem Dauerfeldversuch (angelegt 1998 am Standort Rostock) entnommen. Dabei wurden folgende Düngevarianten untersucht: I) organische Düngung (Biokompost), II) anorganische Düngung (Trippelsuperphosphat [TSP]), III) kombinierte Düngung mit Biokompost und TSP, IV) Kontrolle ohne P-Zufuhr. Effekte durch die Kulturen wurden für Mais, Sommergerste, Kartoffel und einem Mischfruchtanbau von Mais mit *Phaseolus*-Bohne berücksichtigt. Die Auswirkungen dieser Faktoren wurden sowohl räumlich (Bodentiefe 0-40 cm in 10 cm-Schritten) als auch zeitlich (Frühjahr: vor Aussaat (Vorfruchtwirkung der untersuchten Kulturen), Sommer: unter Vegetation, Herbst: nach der Ernte) erfasst. Die Bestimmung der Phosphataseaktivität erfolgte nach der Methode von Tabatabai & Bremner (1969).

Ergebnisse und Diskussion

Die Aktivität der alP erhöhte sich durch die Kompostapplikation, während ein Effekt der Düngung auf die Aktivität der acP nicht nachgewiesen werden konnte. Allerdings hatte die Fruchtart einen deutlichen Einfluss auf die Aktivität der acP, wobei die höchsten Werte im Mischfruchtanbau von Mais mit Bohne ermittelt wurden (Tab. 1). Während sich die Aktivität der alP nicht mit zunehmender Bodentiefe bis 40 cm änderte, nahm die Aktivität der acP mit zunehmender Tiefe ab. Dabei zeichnete sich ein kulturspezifisches Aktivitätsmuster ab, welches vermutlich von der Wurzelmorphologie der angebauten Kulturen abhing.

Tabelle 1: Enzymaktivität der sauren Phosphatase ($\mu\text{g p-Nitrophenol g}^{-1}$ Trockensubstanz h^{-1}) in Abhängigkeit von Tiefe und Kultur

Kultur	Tiefenstufen				MW
	0-10 cm	10-20 cm	20-30 cm	30-40 cm	
Mais	141 a	145 a	107 b	73 c	117 C
Mais/ <i>Phaseolus</i> - Bohne	185 a	191 a	156 ab	126 b	165 A
Sommergerste	159 a	180 a	111 b	92 b	135 B
Kartoffel	142 a	120 a	55 c	82 b	99 D

Kleinbuchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte der Tiefen je Kultur.

Die Unterschiede zwischen den Fruchtarten wurden dabei häufig erst in einer Tiefe von 30 cm sichtbar. Daher empfiehlt sich die Beprobung zur Untersuchung von Pflanzeneffekten auf die Aktivität der acP bis in eine Bodentiefe von mindestens 30 cm durchzuführen.

Literatur

Tabatabai, M.A.; Bremner J.M. (1969): Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. *Soil Biol. Biochem.* 1, 301-307

Das BONARES-Projekt InnoSoilPhos II (FZK 031B0509A) wird vom BMBF gefördert.

Differenzierung der Inhaltsstoffe von Körnerleguminosenstroh durch die Seneszenz als Einflussfaktoren für die Nutzung des Strohs in Biogasanlagen

Karoline Röper¹, Ralf Pude², Franz-Ferdinand Gröbblinghoff¹
und Bernhard Carl Schäfer³

¹Fachhochschule Südwestfalen, Fachbereich Agrarwirtschaft, Soest; ²Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ³Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Braunschweig. E-Mail: roeper.karoline@fh-swf.de

Einleitung

Der Anteil und die Zusammensetzung an lignozellulosereichen Inhaltsstoffen beeinflusst die Biogasausbeute der eingesetzten Materialien (Li et al., 2018). Vereinzelt wurden bereits Untersuchungen zu Inhaltsstoffen von Ackerbohnenstroh und Futtererbsenstroh durchgeführt (Wamatu et al., 2017; Petersson et al., 2007) und Biogaspotentiale für Ackerbohnenstroh ermittelt (Petersson et al., 2007), jedoch noch nicht im Hinblick auf verschiedene Erntetermine und deren Auswirkung. Ziel dieser Untersuchung war es die Differenzierung der Inhaltsstoffe von Körnerleguminosenstroh durch die Seneszenz analytisch zu erfassen und bezüglich ihrer Wirkung auf die Biogasausbeute zu untersuchen. Ebenso sollte der Effekt einer Silierung anhand der Inhaltsstoffe überprüft werden.

Material und Methoden

In den Erntejahren 2017 und 2018 wurden an zwei Standorten (Soester Börde und Ostwestfalen-Lippe) drei Futtererbsengenotypen *Pisum sativum* und drei Ackerbohnenengenotypen *Vicia faba* in vierfacher Wiederholung zu unterschiedlichen Terminen geerntet und als Stroh oder Silage konserviert, wobei zum jeweils letzten Erntetermin wegen der hohen Trockenmassegehalte (TM) keine Silagen mehr erstellt wurden und am Standort Merklingsen im Jahr 2018 nur zwei der drei Erbsengenotypen geprüft werden konnten. Die Untersuchung der für die Biogasausbeute wichtigen Inhaltsstoffe umfasste den Rohprotein-, Hemizellulose-, Zellulose- und Ligningehalt nach van Soest. Um die Auswirkung der gegebenen Inhaltsstoffe auf den Biogasertrag zu überprüfen wurde eine Auswahl an Proben mittels Batchtest untersucht, als Referenzmaterial wurde Silomais eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Tabelle 1 zeigt die Inhaltsstoffe des Ackerbohnenstrohs sowie der Ackerbohnenstrohsilagen. Beim Ackerbohnenstroh sank durch die Seneszenz der Rohproteingehalt, während Zellulose- und Ligningehalt anstiegen. Der Hemizellulosegehalt nahm zunächst zu und im Anschluss wieder ab. Bei den Ackerbohnenstrohsilagen fiel der Rohproteingehalt ebenfalls mit zunehmender Seneszenz ab. Bei Zellulose- und Ligningehalten zeigte sich zunächst eine Ab- und anschließend eine Zunahme, der Hemizellulosegehalt unterschied sich nicht zwischen den ersten beiden Ernteterminen und war zum letzten Erntetermin höher. Deutlich zu erkennen ist der Effekt der Konservierung auf den Hemizellulosegehalt, der durch die Silierung von den Bakterien aufgeschlossen wird und folglich absinkt. Als Resultat daraus nehmen teilweise die Anteile der anderen Inhaltsstoffe relativ zu.

Tab. 1: Inhaltsstoffe des Ackerbohnenstrohs und der Ackerbohnenstrohsilagen in % TM, im Mittel über zwei Jahre, zwei Standorte, drei Sorten und vier Wiederholungen, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Erntetermin	Silage				Stroh			
	H	Z	L	XP	H	Z	L	XP
Druschreife (früh)	13,7 ^a	37,2 ^a	9,8 ^a	9,0 ^a	15,5 ^a	37,8 ^a	9,1 ^a	6,9 ^a
Druschreife	13,6 ^a	36,4 ^b	8,9 ^b	8,3 ^b	16,3 ^b	38,1 ^a	9,2 ^a	6,8 ^a
Druschreife (spät)	14,9 ^b	39,1 ^c	9,6 ^c	6,9 ^c	15,9 ^c	39,3 ^b	9,5 ^b	6,1 ^b
Totreife					15,9 ^c	44,6 ^c	11,0 ^c	5,6 ^c

H = Hemizellulose, Z = Zellulose, L = Lignin, XP = Rohprotein

In Tabelle 2 sind die Inhaltsstoffe des Erbsenstrohs und der Erbsenstrohsilagen dargestellt. Beim Erbsenstroh wurden alle Inhaltsstoffe signifikant durch die Seneszenz beeinflusst. Hemizellulose- Zellulose und Ligningehalt nahmen zu, Rohproteingehalt ab. Für die Erbsensilage wurden signifikante Unterschiede von Hemizellulose- und Ligningehalt durch die Seneszenz festgestellt. Der Effekt der Konservierung als Silage stellt sich vergleichbar zur Ackerbohne dar.

Tab. 2: Inhaltsstoffe des Erbsenstrohs und der Erbsenstrohsilagen in % TM, im Mittel über zwei Jahre, zwei Standorte, drei Sorten und vier Wiederholungen, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede

Erntetermin	Silage				Stroh			
	H	Z	L	XP	H	Z	L	XP
Druschreife (früh)	15,0 ^a	38,4	9,9 ^a	7,4	16,2 ^a	36,2 ^a	8,9 ^a	7,2 ^a
Druschreife	15,6 ^b	38,5	9,7 ^b	7,2	17,2 ^b	38,0 ^b	9,3 ^b	6,8 ^b
Totreife					18,2 ^c	43,5 ^c	11,3 ^c	5,7 ^c

H = Hemizellulose, Z = Zellulose, L = Lignin, XP = Rohprotein

Der Effekt der Silierung spiegelte sich auch in den Biogasertragstests wieder. Mit Ausnahme der Sorte Tiffany bei den Ackerbohnen erzielten alle getesteten Silagen durch den Voraufschluss der Hemizellulose höhere Biogaserträge als die vergleichbaren Strohvarianten. Um zu überprüfen, warum die Sorte Tiffany andere Ergebnisse bezüglich des Vergleichs Stroh/Silage erzielt und der erwartete positive Effekt der Silierung ausbleibt, sind weitere Untersuchungen notwendig. Die Zunahme der Inhaltsstoffe Hemizellulose, Zellulose und Lignin durch die Seneszenz wirkt sich negativ auf den Biogasertrag aus.

Literatur

- Li, W., Khalid, H.; Zhu, Z.; Zhang, R.; Liu, G.; Chen, C.; Thorin, E.; 2018. Methane production through anaerobic digestion: Participation and digestion characteristics of cellulose, hemicellulose and lignin. *Applied energy*, 226, 1219-1228
- Petersson, A.; Thomsen, M. H.; Hauggaard-Nielsen, H.; Thomsen, A-B.; 2007. Potential bioethanol and biogas production using lignocellulosic biomass from winter rye, oilseed rape and faba bean. *Biomass & Bioenergy*, 31, 812-819
- Wamatu, J.; Alkhtib, A.; Abate, D.; Kemal, S. A.; Rischkowsky, B.; 2017. Nutritive value of field pea (*Pisum sativum* L.) straw as influenced by variety, season, botanical fractions and urea pretreatment. *Animal Feed Science and Technology*, 225, 54-61

Optimierung der Extraktionsmethode zur Analyse phenolischer Verbindungen in Artischockenblättern

Beate Stumpf, Margitta Künne, Lan Ma, Menglu Xu, Feng Yan und
Bernd Honermeier

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

Einleitung

Die Artischocke (*Cynara cardunculus* L.) ist eine bedeutende Arzneipflanze aus der Familie der Asteraceae, die unter anderem in Deutschland angebaut wird. Artischockenblätter (*Cynarae folium*) werden zur Linderung dyspeptischer Beschwerden eingesetzt, wobei insbesondere phenolische Verbindungen für die Wirkung verantwortlich sind. Um die Qualität der Rohware sicherzustellen, schreibt das Europäische Arzneibuch (Ph. Eur.) eine Extraktionsmethode für phenolische Verbindungen vor, wobei eine Mindestkonzentration von 0,7 % für die Leitsubstanz Chlorogensäure festgelegt ist (Ph. Eur. 9.0). Diese Extraktionsmethode ist durch einen relativ hohen Verbrauch an organischen Lösungsmitteln und einen hohen Zeitaufwand gekennzeichnet. Ziel dieser Untersuchung war es daher, eine umweltfreundlichere und effizientere Extraktionsmethode zu etablieren.

Material und Methoden

Aus 26 Artischockenblattproben, die eine große Spannweite an Chlorogensäure-Konzentrationen aufwiesen (0,80 % bis 3,38 %), wurden methanolische Extrakte erstellt. Die Extraktion erfolgte mit zwei Methoden: 1. Extraktion unter Rückflusskühlung nach Ph. Eur.; 2. Extraktion im Ultraschallbad. Für die Extraktion nach Ph. Eur. wurden 500 mg Probe mit 50 ml Methanol versetzt und 1 h lang unter Rückflusskühlung in einem 70 °C warmen Wasserbad erhitzt. Durch Zentrifugieren wurden feste und flüssige Bestandteile voneinander getrennt und die Extraktion mit dem festen Bestandteil wiederholt. Die vereinigten Überstände wurden mit Wasser zu einer Endkonzentration von 40 % Methanol verdünnt und für die weiteren Analysen verwendet.

Für die zweite Methode wurden 100 mg Probenmaterial mit 25 ml Methanol (80 %) 30 min lang in einem gekühlten Ultraschallbad (< 40 °C) extrahiert. Die Extrakte wurden mit 25 ml H₂O verdünnt (Methanol-Konzentration 40 %) und nach Filtration für die weiteren Analysen verwendet.

Die Konzentrationen einzelner phenolischer Verbindungen wurden mittels HPLC (Smartline 2 mit Dioden-Array-Detektor, Knauer) bestimmt. Dabei diente Chlorogensäure (5-O-Caffeoylchinasäure) als Leitsubstanz für Caffeoylchinasäuren (CCS). Neben CCS-Verbindungen wurden auch Flavonoide mit Cynarosid (Luteolin-7-O-glucosid) als Leitsubstanz erfasst, die ebenfalls zu den phenolischen Verbindungen zählen. Zur Ermittlung der antioxidativen Eigenschaften wurden die Gesamtphenole nach Folin-Ciocalteu sowie die antioxidative Kapazität gemessen.

Um zu ermitteln, ob sich die Konzentrationen phenolischer Verbindungen sowie die antioxidativen Eigenschaften der Extrakte zwischen den beiden Extraktionsmethoden signifikant voneinander unterscheiden, wurde ein gepaarter t-Test (bei vorliegender Normalverteilung) bzw. ein Wilcoxon-Rang-Test (bei fehlender Normalverteilung) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Konzentration an Chlorogensäure (Abb. 1) und Gesamt-CCS-Verbindungen sowie die antioxidative Kapazität unterschieden sich nicht signifikant zwischen den Extraktionsmethoden. Damit ist die hier getestete USB-Extraktion als Ersatz für die klassische Extraktion nach Ph. Eur. geeignet, bei der nur die Konzentration an Chlorogensäure als qualitätsbestimmender Faktor für Artschockenblätter untersucht wird.

Die zusätzlich gemessenen Konzentrationen an Flavonoiden und deren Leitverbindung Cynarosid waren in den USB-Extrakten um 16 % bzw. 11 % niedriger als in den Extrakten nach Ph. Eur. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass Flavonoide aufgrund ihrer komplexen Struktur und ihrer funktionellen Gruppen durch eine Ultraschallbehandlung zersetzt werden können.

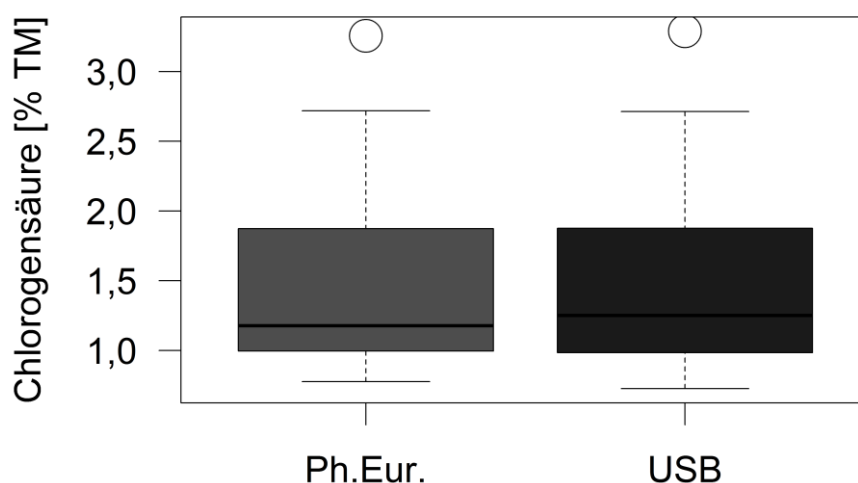


Abb. 1 Chlorogensäure-Konzentrationen in Artischockenblatt-Extrakten, hergestellt nach Europäischem Arzneibuch (Ph. Eur.) und durch Ultraschallbadextraktion (USB)

Die USB-Extraktion bietet gegenüber der Extraktion nach Ph. Eur. einige Vorteile: Sie benötigt pro Probe weniger als ein Viertel der Zeit und nur ein Fünftel der Menge an Methanol. Dadurch ist sie kostensparender und umweltschonender. Darüber hinaus ist sie durch eine Reduzierung und Vereinfachung der Arbeitsschritte einfacher durchzuführen und weniger fehleranfällig. Für die nach Ph. Eur. vorgeschriebene Untersuchung der Chlorogensäure sind die Ergebnisse der USB-Extraktion vergleichbar mit denen der Extraktion unter Rückflussskühlung.

Aufgrund der genannten Vorteile lässt sich die Ultraschallbad-Extraktion als langfristigen Ersatz für die bisher im Europäischen Arzneibuch beschriebene Extraktion unter Rückflussskühlung für die Qualitätsbestimmung von *Cynarae folium* empfehlen.

Literatur

Ph. Eur. 9.0, Monographie 9.0/1866 Artischockenblätter (*Cynarae folium*), in: Europäisches Arzneibuch, 9. Ausgabe, Deutscher Apotheker Verlag, Stuttgart, 2017: S. 1930–1932

Bedeutung von Miscanthus-Genotypen auf die Lignin-Freisetzung in zementären Systemen

Lüders Moll, Georg Völkening und Ralf Pude

INRES-Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Campus Klein-Altendorf, Rheinbach. E-Mail: lmoll@uni-bonn.de

Einleitung

Lignozellulose wird als Beimischstoff (admixture) für Zementsysteme erforscht ^[1,2,3]. Systeme mit Miscanthus als potentiell schnell nachwachsendem Rohstoff sind in der Vergangenheit untersucht worden ^[3]. Zement bewirkt eine basische Umgebung und kann damit die alkalische Abspaltung von Lignin zur Folge haben. Lignine, Zucker und Hydroxycarbonsäuren werden z.T. als Abbindeverzögerer eingesetzt ^[4]. Die Endfestigkeit und das komplexe Abbindeverhalten von Zement werden durch die Präsenz der verschiedenen Moleküle im Anmachwasser dabei stark beeinflusst ^[1,2,3,4]. Ziel ist es verschiedene Miscanthus-Genotypen auf ihre spezifischen Extraktstoffe zu untersuchen, um eine Eignung zur Anwendung in einem Zementsystem voraussagen zu können. Es wurden 3 *Miscanthus x giganteus* (Gig 35, Gig 34, Gig17), und jeweils ein *Miscanthus sinensis* (Ms 2), *Miscanthus robustus sacchariflorus* (Mr 4) und *Miscanthus sacchariflorus x sinensis* 'Nagara' (Nagara) bei unterschiedlichen pH-Werten ausgewaschen, um genotypenspezifische Variationen in der Ligninfreisetzung zu quantifizieren.

Material und Methoden

Die Biomasse (Ernte April 2018, Campus Klein-Altendorf) wurde in einer Hammermühle (Fa. Buschhoff Typ BHS 100) mit einer 1.1 mm Siebmatrize zerkleinert. Zur Auslaugung wurden für jeden Genotyp 3 g Masse mit 25 g deionisiertem Wasser eingemischt, mit 50 ml Extraktionslösung versetzt und über 24 Stunden extrahiert. Die Stammlösung wurde gesiebt und gefiltert. Die Extraktionen der Biomasse wurde mit deionisiertem Wasser und zwei Konzentrationen Natronlauge (NaOH) durchgeführt und nach der Extraktion zur Messung in 25 ml deionisiertem Wasser verdünnt (0.0 M NaOH, 1000 µl; 0.9 mM NaOH, 200 µl; 0.9 M NaOH, 100 µl). Die Konzentration der reduzierenden Inhaltsstoffe wurde über den kolorimetrischen äquivalenten Tannin- und Lignin-Standardtest (5550 Tannin and Lignin) als Absorption bei 700 nm bestimmt. Die Reaktionszeit der Farbreaktion zwischen der Probe und dem Folin Ciocalteu Reagenz wurde auf 1 h verlängert, um innerhalb des farbstabilen Zeitfensters alle Proben eines Extraktionsmediums messen zu können. Zeitgleich wurde ein bekannter Tanninstandard mitreagiert, um eine Kalibrierung zu erstellen und die Stabilität der Farblösung zu verifizieren.

Ergebnisse und Diskussion

Für die drei Extraktionsmedien zeigt sich mit dem Anstieg der Basizität nach der Umrechnung eine Zunahme der gemittelten Tanninäquivalenzkonzentration über alle Genotypen von 103 mg/L für deionisiertes Wasser, 528 mg/L für 0.09 M NaOH und 1415 mg/L für 0.9 M NaOH. Reduzierende Pflanzenextraktstoffe wie Zucker, Tannine und Lignine lösen die Farbumschlagsreaktion aus ^[5]. Der Anstieg der äquivalenten Tanninkonzentration ist als Anstieg der reduzierenden Substanzen in einer komplexen Mischung zu lesen. Hierbei nimmt die Freisetzung von reduzierenden Extraktstoffen mit steigendem pH-Wert über alkalische Glycosidspaltung zu.

Tab 1: Absorptionswerte der Genotypen und Gesamtmittelwerte über alle Genotypen in einem Extraktionsmedium. Signifikanzen zwischen den Genotypen wurden mittels Tukey HSD ($\alpha = 0.05$) bei $n = 4$ getestet ($p_{\text{Dist}} = 0.001$; $p_{0.09M} = 0.021$; $p_{0.9M} = 0.000$).

Medium	Deionisiertes Wasser		0.09 M NaOH		0.9 M NaOH	
Genotyp	ABS	STD	ABS	STD	ABS	STD
Gig 35	0.5782 ^b	0.02	0.5575 ^a	0.056	0.8103 ^b	0.014
Gig 34	0.6405 ^{a,b}	0.013	0.5760 ^a	0.054	0.8102 ^b	0.016
Gig 17	0.6013 ^b	0.016	0.5778 ^a	0.042	0.8140 ^b	0.048
Nagara	0.7253 ^a	0.103	0.6550 ^a	0.045	0.9385 ^a	0.013
Ms 2	0.6418 ^{a,b}	0.012	0.6268 ^a	0.022	0.9540 ^a	0.051
Mr 4	0.7028 ^a	0.012	0.6463 ^a	0.03	0.9073 ^a	0.015
Gesamt	0.6483	0.065	0.6065	0.054	0.8724	0.069

Aus den in Tabelle 1 dargestellten Absorptionswerten lassen sich Unterschiede in den Auswaschungen von reduzierenden Substanzen zwischen den Genotypen andeuten und die Stammkonzentrationen anhand des äquivalenten Tanninstandards berechnen. In der Neutralauslaugung zeigt sich eine niedrig konzentrierte Gruppe für die Genotypen Gig 35 und Gig 17 mit den errechneten äquivalenten Stammlösungskonzentrationen von 92 mg/L und 96 mg/L Respektive. Eine Gruppe mit erhöhter Konzentration zeigt sich für die Genotypen Nagara und Mr 4 mit Konzentrationen von 116 mg/L und 112 mg/L. Die Auslaugung mit 0.09 M NaOH zeigt keine statistisch unterscheidbaren Gruppierungen aufgrund von relativen überlappenden Konfidenzintervallen der Mediane. Die Extraktion bei 0.9 M NaOH zeigt eine niedrig konzentrierte Gruppe mit Gig 35, Gig 34, Gig 17 mit 1314 mg/L, 1314 mg/L und 1320 mg/L und eine höher konzentrierte Gruppe von Nagara, Ms2 und Mr4 mit errechneten Werten von 1522 mg/L, 1547 mg/L und 1471 mg/L.

Ausblick

Weitere Untersuchungen im Projekt umfassen eine Zuckeranalytik, das Wasseraufnahmeverhalten der Genotypen und den quantifizierten Einfluss auf das Abbindeverhalten von Zement.

Danksagung:

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) über die Bezirksregierung Köln (Projekt: Kompetenzschwerpunkt biobasierte Produkte) gefördert.

Literatur

- [1] A. Peschard, A. Govin, J. Pourchez, E. Fredon, L. Bertrand, S. Maximilien, B. Guilhot: Effect of polysaccharides on the hydration of cement suspension (2006). In Journal of the European Ceramic Society 26 (8), pp. 1439–1445.
- [2] K. Kochova,; K. Schollbach; F. Gauvin; H. J. H. Brouwers (2017): Effect of saccharides on the hydration of ordinary Portland cement. In Construction and Building Materials 150, pp. 268–275. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2017.05.149.
- [3] R. Pude, C. H. Treseler, R. Trettin, and G. Noga: Suitability of Miscanthus Genotypes for lightweight Concrete; Die Bodenkultur Vol 56/1 (2005)
- [4] B3- Betonzusätze, Zusatzmittel und Zusatzstoffe PDF
<https://www.beton.org/service/zemetn-merkblaetter/>, checked on 6/5/2019
- [5] J. C. Sánchez-Rangel, J. Benavides, J. Basilio, L. Cisneros-Zevallos, D. A. Jacobo-Velásquez: The Folin-Ciocalteu assay revisited: improvement of its specificity for total phenolic content determination. In Anal, Methods 5 (21), p.5990.DOI:10.1039/c3ay41125g

***Silphium perfoliatum* als alternative Faserpflanze für die Papierindustrie**

Niklas Frase¹, Georg Völkerling¹ und Ralf Pude^{1,2}

¹Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms Universität Bonn;

²Außenlabore Campus Klein-Altendorf (CKA), Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: n.frase@uni-bonn.de

Einleitung

In der europäischen Papierproduktion werden traditionell Laub- und Nadelhölzer als Hauptrohstoff für die Zellstoffproduktion verwendet. In den letzten drei Jahrzehnten ist der gesamte deutsche Papierverbrauch trotz Digitalisierung und Einsparversuchen, vor allem im graphischen Papierbereich, stetig gestiegen. 1990 lag der gesamte deutsche Papierverbrauch bei 15.460 Tsd. t⁽¹⁾, im Jahr 2018 bereits bei 22.491 Tsd. t⁽²⁾. Durch diesen langfristig steigenden Verbrauch, vor allem im Bereich der Verpackungsmaterialien, benötigt die Industrie immer mehr Rohstoffe für die Herstellung neuer Produkte. Vor allem durch das Wirtschaftswachstum auf dem asiatischen Kontinent steigt auch die weltweite Nachfrage; gefolgt von Preissteigerungen und der Suche nach alternativen Rohstoffquellen. Das Ziel dieser Untersuchung ist die Erforschung neuer Rohstoffquellen aus nachwachsenden Rohstoffen, die in Deutschland kultivierbar sind und zudem eine hohe Zuwachsrate der Biomasse aufweisen. Gleichzeitig müssen die qualitativen Eigenschaften für eine Papierproduktion gegeben sein. In dieser Arbeit wurde sich im speziellen mit der mehrjährigen Durchwachsenen Silphie (*Silphium perfoliatum*) beschäftigt.

Material und Methoden

In der nachfolgenden Versuchsreihe wurde aus zuvor zerkleinerten und gesiebten Silphiepartikeln eine Mahlgradkurve erstellt. Für die Versuche wurde die am Standort Campus Klein-Altendorf (CKA) kultivierte Pflanze mit nachfolgendem Ernteparameter verwendet Durchwachsene Silphie, Herkunft Russland, Ernte Januar 2018, Standjahr 2, 1. Schnitt mit TM 85%. Auf Grundlage der Ergebnisse von FRASE et al. 2018⁽³⁾ wurde das geerntete Material jeweils mit einer 1 mm Matrize in der Hammermühle (Fa. Buschhoff, Typ BHS 100) und der Schneidmühle (Fa. Retsch, Typ SM 300) zerkleinert. Im Anschluss an die Zerkleinerung wurden die Fraktionen mittels eines Schwingsiebes (Fa. S&F GmbH, Typ ASM 100) in die geforderten Siebklassen von 0,25-0,5 mm und 0,5-0,75 mm aufgesiebt. In den nächsten Versuchsschritten trocknete das Material zunächst bei 105°C für 24 h im Trockenschrank und um dann nach TAPPI 205 in einem Laborholländer (Fa. Frank PTI, Typ Valley Beater) aufgemahlen zu werden. In regelmäßigen Zeitintervallen wurde Probenmaterial entnommen. Anschließend wurden nach EN ISO 5269-2:2004 mit einem Laborblattbildner (Fa. Frank PTI, Typ Rapid-Köthen) aus einer Mischung von dem entnommenen Material und Kiefernzellstoff (SR°= 30), im Mischungsverhältnis 50%:50% Laborprüfblätter erstellt. Zudem wurde mit einem Mahlgradprüfer (Fa. Frank PTI, Typ Schopper Riegler) nach EN ISO 5267-1:2000 der Schopper Riegler Grad der Mischung bestimmt. Die Laborblätter wurden mit einem Universalprüfgerät (Fa. Frank PTI, Typ Zugprüfgerät) nach EN ISO 1924-2 analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Graphik zeigt die Reißfestigkeit der hergestellten Laborblätter aus den beiden Mühlen der verschiedenen Siebfraktionen in Abhängigkeit der Mahldauer in Minuten. Zudem wird auf der Abbildung der Mahlgrad der einzelnen Varianten zu den gemessenen Zeitintervallen dargestellt.

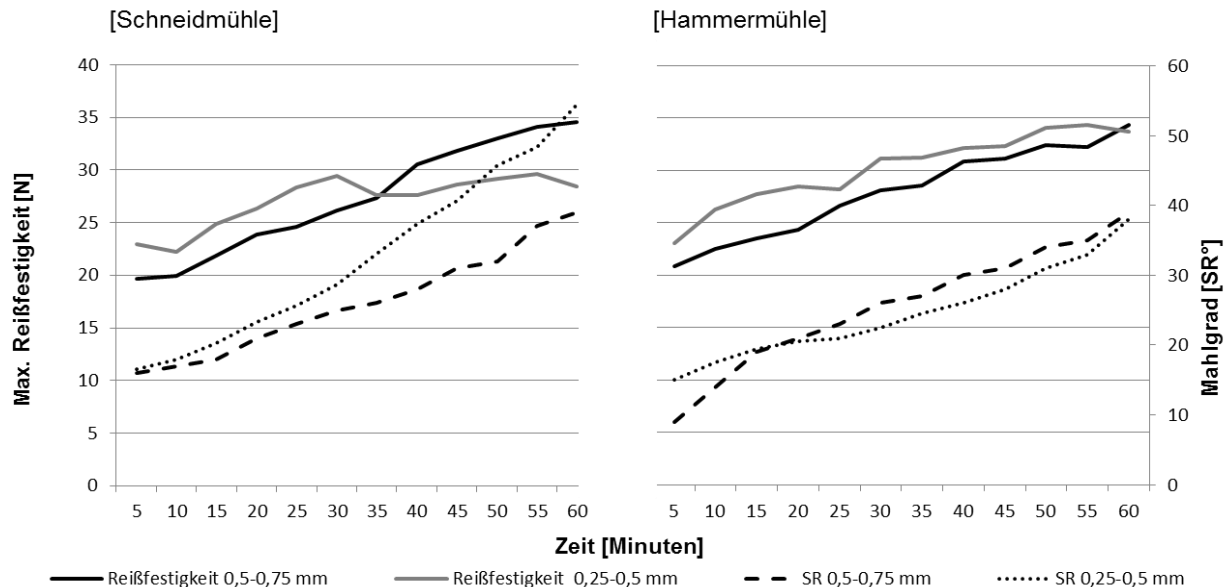


Abb.1: Reißfestigkeit der Siebfraktionen 0,25-0,5 mm und 0,5-0,75 mm aus der Schneid- und aus der Hammermühle, $n = 20$; Mahlgrad der Siebfraktionen 0,25-0,5 mm und 0,5-0,75 mm aus der Schneid- und aus der Hammermühle, $n = 4$.

Generell zeigt die Abb. 1, dass die Siebfraktion 0,5-0,75 mm aus beiden Mühlen in der Reißfestigkeit und dem Mahlgrad mit einander vergleichbar sind. Es sind keine größeren Unterschiede zwischen den Mühlen zu erkennen. In der kleineren Siebfraktion, 0,25-0,5 mm, steigt der Mahlgrad der Schneidmühlenvariante im Vergleich zur Hammermühlenvariante steiler an. Die Reißfestigkeit stagniert im Gegenzug. Insgesamt erreichen die Varianten Reißfestigkeiten zwischen 28 und 34 N. Allgemein konnte mit diesem Versuch gezeigt werden, dass eine Herstellung von Papier aus Kiefernzellstoff mit einer Beimischung von 50% Silphiepartikeln möglich ist. In weiteren Versuchsreihen sollen im Anschluss an diesen Versuch die weiteren Eigenschaften der Silphiepartikel getestet werden. Hierfür sind Aschegehaltsmessungen sowie Vermessungen der Partikel unter dem Raster Elektronen Mikroskop (REM) und Cellulose-Gehaltsbestimmungen geplant.

Danksagung:

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) über die Bezirksregierung Köln (Projekt: Kompetenzschwerpunkte Biobasierte Produkte) gefördert.

Literatur

- (1) Verein Deutsche Papierfabriken, 2018: Papier 2018, Ein Leistungsbericht
- (2) Verein Deutscher Papierfabriken, 2018: Pressekonferenz_Zahlen_2018
- (3) Frase et al. 2018. Prozessentwicklung in der Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen zur Eignung als Papierrohstoff für die Verpackungsindustrie. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss., 30, 187-188.

Gehalte an Gesamt-Phenolen und Rosmarinsäure sowie antioxidative Wirkung der Blätter unterschiedlicher Minze-Arten (*Mentha* sp.)

Aliye Darzi Ramandi und Bernd Honermeier

Justus-Liebig-Universität Gießen, Professur für Pflanzenbau, Biomedizinisches Forschungszentrum
Seltersberg (BFS), Gießen, E-mail: Aliyeh.Darzi-Ramandi@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Die zur Familie der Lamiaceae zählenden Minze-Arten (*Mentha* sp.) werden weltweit als Aroma- und Arzneipflanzen genutzt. Verwendet werden die Blätter dieser Pflanze, in denen neben dem ätherischen Öl zahlreiche phenolische Verbindungen vorhanden sind. Innerhalb der phenolischen Verbindungen nimmt die Rosmarinsäure, der u. a. antioxidative und antiinflammatorische Effekte zugesprochen werden (Fletcher et al. 2010; Tang et al. 2016), den größten Anteil ein. Hohe Gehalte an Gesamt-Phenolen und Rosmarinsäure sind daher für die pharmakologische Wirkung und Verwendung von Minze-Arten von Bedeutung.

Innerhalb der Gattung *Mentha* besteht eine hohe Diversität an Spezies, Subspezies und Varietäten. Eine gute Kenntnis der Eigenschaften von *Mentha*-Arten ist Voraussetzung für die gezielte Züchtung und Kultivierung dieser Aroma- und Arzneipflanze. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Variation an Gesamt-Phenolen und Rosmarinsäure in einem Minze-Sortiment zu bestimmen und die Zusammenhänge zwischen diesen Verbindungen und der antioxidativen Wirkung von Minze-Blatt-Extrakten zu klären.

Material und Methoden

In der Versuchsstation Gießen (Bodentyp: Fluvis Gleyic Cambisol, Textur: schluffiger Ton) wurde im Frühjahr 2016 ein Sortiment mit insgesamt 106 Minze-Akzessionen unterschiedlicher Minze-Arten und -Varietäten angelegt und bis zum Jahr 2018 in zwei Aufwüchsen pro Jahr untersucht. An den Minze-Pflanzen wurden in jedem Aufwuchs Wuchshöhe, Deckungsgrad, Entwicklungsverlauf sowie Blatt- und Gesamterträge bestimmt. Die Ernte der Pflanzen erfolgte kurz vor Beginn der Blühphase (zweimal pro Jahr). Die Blätter wurden unmittelbar nach der Ernte bei 40 °C nach Angaben des Europäischen Arzneibuchs getrocknet und anschließend vermahlen. Nach dem Vermahlen wurden die Proben mit Methanol (40%) extrahiert. In den Blatt-Extrakten wurden die Gesamt-Phenole (Folin-Chiocalteau-Methode, Spektrophotometer), die Rosmarinsäure-Gehalte (mittels HPLC-DAD) und die antioxidative Wirksamkeit (nach der ORAC-Methode) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Gesamt-Phenol-Gehalte der untersuchten Minzen variierten im Zeitraum von 2016 bis 2017 von min. 30 mg GAE/g TM bis max. 142 mg GAE/g TM. In zwei unbekannten *Mentha*-Akzessionen wurden sehr geringe Gesamt-Phenol-Gehalte von 30 - 40 mg GAE/g TM gemessen. Sehr hohe Werte an Gesamt-Phenol-Gehalten (142.1 mg GAE/g TM) wurde demgegenüber in *Mentha x piperita* detektiert. Relativ hohe Gehalte an Gesamt-Phenolen in der Spanne von 120 bis 140 mg GAE/g TM wurden auch in Proben von *Mentha x piperita* L., *Mentha x piperita* "Cinderella", *Mentha x piperita* v. *citrata*, *Mentha spicata* L. *Mentha x gentilis* gefunden.

Die Rosmarinsäure-Gehalte der insgesamt analysierten Minze-Arten bzw. -Varietäten variierten von 0,5 % TM bis 5 % TM. *Mentha x piperita* L., *Mentha x piperita* var. citrata, *Mentha x piperita* "Cinderella" und *Mentha suaveolens* Ehrh. besaßen die höchsten Gehalte an Rosmarinsäure, die in der Spanne von 4 – 5 % TM lagen. Hingegen enthielten einige Minze-Akzessionen der Arten *Mentha spicata* L. und *Mentha canadensis* L. weniger als 1 % TM Rosmarinsäure.

Die Ergebnisse der ORAC-Untersuchungen zeigten in beiden Jahren die höchsten Werte in drei Akzessionen von *Mentha x piperita* L. sowie in einer weiteren Minze-Akzession. Die niedrigsten ORAC-Werte wiesen die Pflanzen von *Mentha suaveolens* Ehrh. auf.

Zwischen den Gehalten an Gesamt-Phenolen und den ORAC-Werten bestanden sehr enge Korrelationen (im Jahr 2016: $r = 0,88$ und im Jahr 2017: $r = 0,89$). Ein ähnliches Ergebnis wurde von Benabdallah et al. (2016) in einer Studie mit sechs Minze-Arten festgestellt. Andererseits korrelierten die ORAC-Werte nur schwach mit den Gehalten an Rosmarinsäure. Zwischen den Gesamt-Phenolen und der Rosmarinsäure bestand mit $r = 0,62$ ein mittlerer Zusammenhang. Es hat sich gezeigt, dass die Gehalte an Gesamt-Phenolen im zweiten Hauptnutzungsjahr höher waren als im ersten Jahr. Diese Beobachtung lässt darauf schließen, dass die Akkumulation von phenolischen Verbindungen in Minze-Pflanzen auch von der Nutzungsdauer und den damit verbundenen Pflanzenmerkmalen (Wurzelbildung, Triebzahl und -länge, Blattfläche) beeinflusst werden kann.

Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen insgesamt, dass die in den Minze-Arten akkumulierten phenolischen Verbindungen einer hohen genotypischen sowie Umwelt- und entwicklungsphysiologischen Abhängigkeit unterliegen. Nur ausgewählte Minze-Arten bzw. -Varietäten sind für die Gewinnung von Extrakten mit hohen Rosmarinsäure-Gehalten geeignet.

Literatur

- Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendjel, M., Aissi, O., Messaoud, C. (2016): Total Phenolic Content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from Northeast of Algeria. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine* 2016; 6(9): 760-766.
- Fletcher, R., Slimmon, T., Kott, L. (2010): Environmental Factors Affecting the accumulation of rosmarinic acid in spearmint (*Mentha spicata* L.) and Peppermint (*Mentha piperita* L.). *The Open Agriculture Journal*. 2010, 4, 10-16.
- Tang, Kitty., Konczak, I., Zhao., J. (2016): Identification and quantification of phenolics in Australian native mint. *Food Chemistry* 192 (2016) 698-705.

Gewebeeigenschaften von Zuckerrüben mit unterschiedlicher Festigkeit

Nelia Nause und Christa Hoffmann

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

Einleitung

Die Lagerungsverluste von Zuckerrüben genotypen hängen eng mit Beschädigungen während der Ernte und dem anschließenden Befall mit Schimmel und Fäulnis während der Lagerung zusammen (Hoffmann et al. 2018). Die genetische Variation der Lagerfähigkeit scheint vorrangig mit den strukturellen Eigenschaften der Wurzeln wie der Beständigkeit gegen mechanische Beschädigungen verbunden zu sein. Es sind jedoch keine Informationen über die Gewebefestigkeit, die Gewebezusammensetzung und die strukturelle Organisation verfügbar, die zu einer erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Beschädigung und Pathogenbefall führen.

Ziel der Studie war es daher, genotypische Unterschiede in Bezug auf die Gewebefestigkeit der Zuckerrüben, sowie die zugrunde liegende physiologische Grundlage der Gewebefestigkeit zu identifizieren.

Material und Methoden

Feldversuche wurden 2018 mit 6 Genotypen (5 Zuckerrüben und 1 Futterrübe) in 4 Wiederholungen an 2 Standorten durchgeführt. Die Rüben wurden im August und November geerntet. Die Gewebefestigkeit der Rüben wurde an 5 Rüben pro Parzelle mit jeweils 3 Penetrationsmessungen mit einem Textureanalyser bestimmt (Kleuker and Hoffmann 2019). Dabei werden zwei verschiedene Texturmerkmale erfasst: $Force_{max}$ stellt die Kraft dar, die zum Durchdringen des Periderms erforderlich ist, während $Force_{mean}$ den Durchschnittswert der nach dem Peridermdurchbruch gemessenen Kräfte ist und die Gewebefestigkeit beschreibt. Der Gehalt an Zellwandbestandteilen wurde wie von van Soest and Robertson (1979) beschrieben bestimmt. Dabei wurden aus den alkohol-unlöslichen Bestandteilen des Rübenbreis lösliches und unlösliches Pektin, Hemicellulose, Cellulose und Lignin nacheinander durch ihre Löslichkeit in verschiedenen Mitteln quantifiziert. Kambiumringe wurden an einer Scheibe aus der breitesten Stelle der Rübe gezählt.

Ergebnisse und Diskussion

Rüben mit einem hohen Penetrationswiderstand des Periderms wiesen ebenfalls ein festes Gewebe im Inneren auf (Abbildung 1 A). Im Vergleich zu den Zuckerrüben genotypen wies die Futterrübe einen niedrigeren $Force_{mean}$ auf dem gleichen $Force_{max}$ -Niveau auf. Insgesamt nahm die Festigkeit der Rüben von August bis November zu (Abbildung 1 B). Zu beiden Ernteterminen waren signifikante Unterschiede in der Festigkeit der untersuchten Genotypen nachweisbar. Der Penetrationswiderstand zeigte keine Interaktion mit dem Erntezeitpunkt ($G \times E$: n. s.), was darauf hinweist, dass dieses Merkmal während der gesamten Wachstumsphase stabil ist.

Die Gewebefestigkeit kann durch den Gehalt an Zellwandmaterial beeinflusst werden. Dieser wurde durch eine Messung des Fasergehaltes sowie dessen Zusammensetzung bestimmt. Die Genotypen mit einer höheren Festigkeit wiesen auch einen höheren Fasergehalt auf ($r = 0,52$; $p < 0,001$), während die Faserzusammensetzung (Anteile von Pektin, Hemicellulose, Cellulose und Lignin) zwischen den Genotypen stabil war. Im Durchschnitt enthielt das Zellwandmaterial der Rüben 60 % Pektin, 20 % Hemicellulose, 15 % Cellulose und 5 % Lignin.

Rüben bestehen aus unterschiedlichen Gewebetypen (Ringe aus Gefäßgewebe (Xylem und Phloem) und dazwischenliegendes Parenchym) mit unterschiedlichen Eigenschaften, wie Zellgröße und Zellwanddicke (Artschwager 1926). Dies führt zu der Annahme, dass die Anzahl und der Abstand der Kambiumringe, insbesondere im äußeren Bereich der Wurzel, die Festigkeit der Rübe beeinflussen kann. Jedoch hat weder die Gesamtanzahl der Kambiumringe noch die Anzahl der Kambiumringe in den äußeren 7 mm der Rübe die Gewebefestigkeit wesentlich beeinflusst. Im weiteren Projektverlauf soll mittels mikroskopischer Analysen untersucht werden, ob Unterschiede in der Zellwanddicke oder Zellgröße bestehen.

Literatur

Artschwager, Ernst (1926): Anatomy of the vegetative organs of the sugar beet: US Government Printing Office.

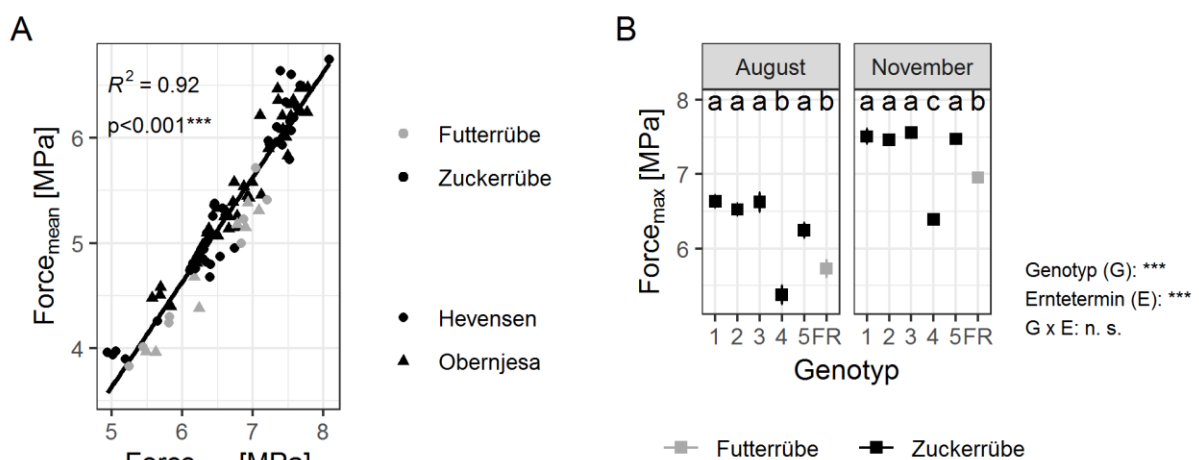


Abbildung 1: Penetrationswiderstand von Zuckerrüben A: Beziehung zwischen $Force_{max}$ und $Force_{mean}$. B: $Force_{max}$ im August und November. 6 Genotypen, 4 Wiederholungen, 2 Standorte 2018. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen; *** signifikant bei $p \leq 0,001$; n. s. = nicht signifikant.

Hoffmann, Christa M.; Leijdekkers, Martijn; Ekelöf, Joakim; Vancutsem, Françoise (2018): Patterns for improved storability of sugar beet – importance of marc content and damage susceptibility of varieties in different environments. In European Journal of Agronomy 101, pp. 30–37. DOI: 10.1016/j.eja.2018.08.004.

Kleuker, Gunnar; Hoffmann, Christa M. (2019): Method development for the determination of textural properties of sugar beet roots. In Sugar Industry/Zuckerind 144 (7), pp. 392–400.

van Soest, P. J.; Robertson, J. B. (1979): Systems of analysis for evaluating fibrous feeds. In: Standardization of analytical methodology for feeds: IDRC, Ottawa, ON, CA.

Neue Aspekte der Qualitätsbeurteilung in der Backweizenerzeugung

Thomas Kämpfer, Doreen Gabriel, Gerhard Rühl und Jörg-Michael Greef

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig.

E-Mail: thomas.kaempfer@julius-kuehn.de

Einleitung

Winterweizen ist in Deutschland sowohl hinsichtlich der Anbaufläche und Erntemenge als auch in der Backwarenerzeugung die wichtigste Getreideart. Entlang der Wertschöpfungskette ist neben dem Rohproteingehalt (RP) nach Aussage der Mühlen der Feuchtklebergehalt ein wichtiges Bewertungskriterium für die Herstellung der großen Vielfalt von Backwaren. Das für die Sortenbewertung genutzte Backvolumen hingegen spielt eher eine untergeordnete Rolle. Einige Mühlen mit Vertragsanbau nutzen zur Auswahl von Sorten den Feuchtklebergehalt und leiten daraus die Verhältniszahl aus Feuchtklebergehalt im Mehl zu Rohproteingehalt im Korn (F/P) als qualitätsbestimmenden Indikator ab. Trotz seiner praktischen Bedeutung findet der Feuchtklebergehalt jedoch keine Berücksichtigung bei der amtlichen Sorten- bzw. der Qualitätsbewertung mit dem Argument der unzureichenden Genauigkeit bei dessen Bestimmung trotz standardisiertem Analyseverfahren.

Es soll daher untersucht werden, (i) welcher Zusammenhang zwischen verschiedenen Labormethoden zur Bestimmung des Feuchtklebergehaltes besteht und (ii) ob die Verhältniszahl F/P im Vergleich zum Proteingehalt ein stärker genetisch determiniertes bzw. umweltunabhängigeres Merkmal darstellt und damit bei der Qualitätsbewertung als ergänzendes Merkmal genutzt werden könnte.

Material und Methoden

Hierzu wurde ein zweijähriger Feldversuch in den Jahren 2017-2018 an den Standorten Braunschweig (schluffiger Ton, Ø 8,8 °C/621 mm) und Bernburg (schluffiger Lehm, Ø 9,0 °C/490 mm) mit zwölf Weizensorten (jeweils 4 E-, A-, und B-Sorten) und zehn N-Düngungsstufen (KAS, 60 bis 315 kg N ha⁻¹, exkl. N_{min}) bei Vorfrucht Raps bzw. Hafer angelegt. Die Bestimmung des Feuchtklebergehalts erfolgte nach den Standardmethoden ICC 137/1 bzw. ICC 155, die des Proteingehalts nach ICC 167. Der Feuchtklebergehalt wurde in drei verschiedenen Laboren am Vollkorn- und Typenmehl 550 sowie am „Primitivmehl“ (Mehl Type 550, ohne Einstellung des Mineralstoffgehalts) erfasst. Der Zusammenhang zwischen den Labormethoden wurde durch Pearson Korrelationskoeffizienten beschrieben. Die Heritabilität im weiteren Sinne als Maß für die genetische Erblichkeit der Parameter F/P und RP wurde mittels Varianzanalyse nach der Methode von Becker (2011) für eine praxisübliche N-Düngungsstufe wie folgt berechnet:

$$h^2 = \frac{V_G}{V_G + \frac{V_F}{N_U}}$$

wobei V_G die genotypische Varianzkomponente, V_F die Fehlervarianzkomponente und N_U die Anzahl Umwelten sind. Die Auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware R (R Core Team 2017).

Ergebnisse und Diskussion

Es besteht ein enger Zusammenhang zwischen den Feuchtklebergehalten aus den drei Labormethoden (r von 0,94 bis 0,90, Tabelle 1), was auf eine gute Vergleichbarkeit der Ergebnisse aus den verschiedenen Laboren schließen lässt.

Tabelle 1: Pearsons Korrelationskoeffizienten r zur Bestimmung des Zusammenhangs zwischen Feuchtklebergehalten aus verschiedenen Methoden der Feuchtkleberanalytik.

	Primitivmehl (Okermühle)	Type 550 (Uni Göttingen)
Vollkornmehl (LLG)	0,94 (n=456)	0,93 (n=216)
Primitivmehl (Okermühle)		0,90 (n=240)

Abbildung 1 zeigt die Verhältniszahl F/P bei steigendem Proteingehalt (steigender N-Versorgung) am Beispiel der für den Anbau bedeutsamen A-Weizensorten. Es ist zu erkennen, dass zwar einerseits starke Sortenunterschiede bestehen, das Verhältnis der Sorten zueinander jedoch sowohl über die Standorte als auch die beiden Jahre (mit extrem unterschiedlichen Witterungsverhältnissen) ähnlich ist. Eine entsprechend hohe Heritabilität des Merkmals F/P ($h^2=0,67$) gegenüber RP ($h^2=0,24$) bestätigt dieses Muster.

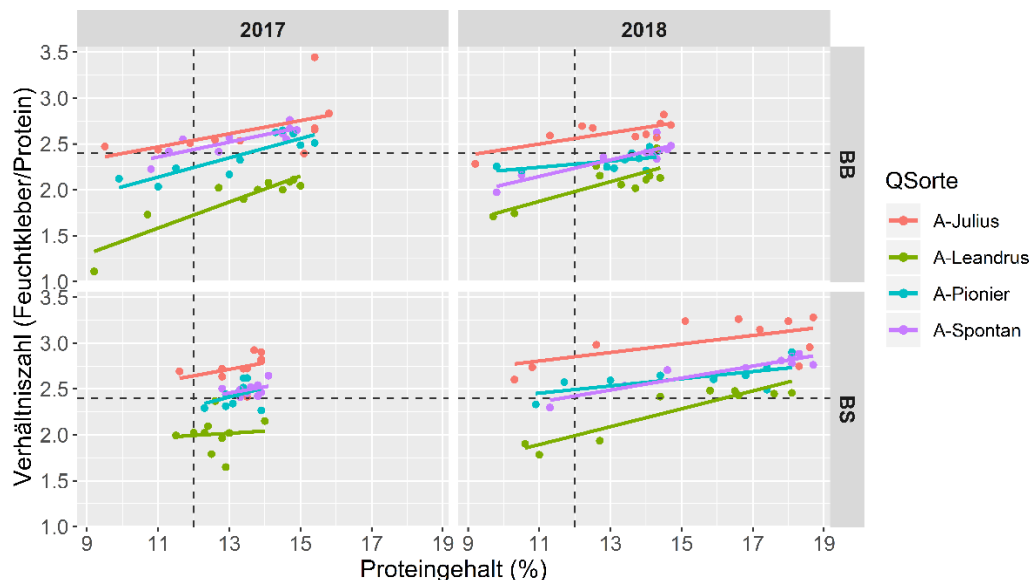


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen Verhältniszahl (Feuchtkleber Primitivmehl/Protein) und Proteingehalt für Weizensorten der Qualitätsgruppe A an den Standorten Bernburg (BB) und Braunschweig (BS) in den Jahren 2017 und 2018.

Vor dem Hintergrund, dass die Dauer der Feuchtkleberanalytik je nach ICC Standard 10-15 min (ähnlicher Zeitaufwand wie für die Ermittlung des Sedimentationswerts) beansprucht, sollte eine generelle Berücksichtigung des Feuchtklebergehalts bzw. der Verhältniszahl F/P zur Bewertung der Weizenqualität in der beschreibenden Sortenliste und bei der Erfassung diskutiert werden. Diese Information wäre für Erzeuger und Verarbeiter für die Sortenauswahl und -bewertung von großem Interesse.

Literatur

Becker, H., 2011: Pflanzenzüchtung. Eugen Ulmer Verlag, Stuttgart, 2. Auflage.

R Core Team, 2017: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Wien.

Gewinnung an Cannabidiolsäure (CBDA) aus Nutzhanf (*Cannabis sativa* L.) in Abhängigkeit des Entwicklungsstadiums und des Ernteorgans

Lisa Burgel und Simone Graeff-Hönninger

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, AG Anbausysteme und Modellierung/Universität Hohenheim, Stuttgart; E-Mail: lisa.burgel@uni-hohenheim.de

Einleitung

Aufgrund des jahrelangen Anbauverbots in vielen europäischen Ländern konnte das medizinische Potential der Hanfpflanze (*Cannabis sativa* L.) nicht vollständig erforscht und genutzt werden. Die entkrampfende und schmerzstillende Wirkung wird den in der Hanfpflanze vorkommenden Sekundärmetaboliten, den Cannabinoiden, zugesprochen. Dabei steht nicht das psychoaktiv wirkende THC (Δ^9 -Tetrahydrocannabinol) im Fokus der Forschung, sondern das medizinische Potential von Cannabidiol (CBD). Seit der Gesetzesänderung im März 2017 steigt die Nachfrage nach Arzneimittel auf Cannabisbasis kontinuierlich. Da der Indoor-Anbau enorm kostenintensiv ist wird eine Rohstoffgewinnung aus ausgewählten Nutzhanfsorten (THC-Gehalt $<0,2\%$), welche eine höhere Erntemenge, durch bessere Flächennutzung aufweisen erforscht. Das bisherige Anbausystem bezieht sich ausschließlich auf die Körner- und Faserproduktion. Um eine Erhöhung wertgebender Inhaltsstoffe zu gewährleisten bedarf es, ein angepasstes System zu entwickeln. Ziel der Untersuchung ist es den Gehalt an CBDA, der Sorte `Finola`, eine auf der EU-Sortenliste registrierte Nutzhanfsorte, zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien in den jeweiligen Ernteorganen zu untersuchen.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation der Universität Hohenheim, Teilstation Ihinger Hof (478 m ü NN; 48,7° Nord, 8,9° Ost) wurde im Jahr 2018 ein Freilandversuch, als randomisierte, vollständige Blockanlage mit drei Wiederholungen und einer Plotgröße von 2x10 m angelegt. Es wurden zehn Pflanzen je Wiederholung, der diözischen Nutzhanfsorte `Finola`, zu vier Entwicklungsstadien, vegetatives Blatt (SZ1)-, Knospen (SZ2)-, Vollblüte (SZ3)- und Abreifestadium (SZ4) geschnitten und in oberes Blattdrittel, untere Restblätter sowie Knospe/Blüte fraktioniert. Das Entwicklungsstadium wurde nach dem Dezimalcode für Wachstumsstadien für Hanf nach Mediavilla et al. (1998) bestimmt. Die Aussaat fand am 25.04.2018 statt. Der N_{min} -Wert im Boden (0 bis 90 cm) betrug 50 kg N ha⁻¹, es wurde auf 100 kg N ha⁻¹ mit ENTEC 26 (EuroChem Agro GmbH, Mannheim, Germany) aufgedüngt. Die Aussaatstärke belief sich auf 200 Körner/m² bei einem Reihenabstand von 15 cm. Das fraktionierte Erntematerial wurde getrocknet (30 °C), gemahlen und der Gehalt an CBDA mittels einer HPLC Analyse bestimmt. Die statistische Auswertung der Daten erfolgte mit der Statistiksoftware SAS Version 9.4 (The SAS Institute, North Carolina, United States).

Ergebnisse und Diskussion

Die im Pflanzengewebe gebildete Cannabidiolsäure (CBDA) ist die Vorstufe des Cannabidiols (CBD). Durch den Prozess der Decarboxylierung, welche durch Einwirkung von Hitze in Gang gesetzt wird, spaltet sich ein Kohlendioxid-Molekül von der Säure ab und das CBDA wird in CBD umgewandelt (Appendino et al., 2011). Der Gehalt an CBDA in der Fraktion Blüte, unterscheidet sich nicht signifikant zwischen

den Schnitzeitpunkten zu SZ2 (1.01 ± 0.19 %), zu SZ3 (1.50 ± 0.16 %) sowie zu SZ4 (1.62 ± 0.19 %). Bei der Fraktion oberes Blattdrittel konnte der signifikant höchste Gehalt an CBDA zu SZ3 (1.08 ± 0.16 %), gefolgt von SZ4 (0.97 ± 0.16 %) ermittelt werden. Der signifikant niedrigste Gehalt wurde bei SZ1 mit 0.27 ± 0.16 % detektiert. In den unteren Restblättern wurde zu SZ3 der signifikant höchste Gehalt mit 0.32 ± 0.02 % erreicht, wobei diese Fraktion insgesamt den niedrigsten Gehalt aufwies.

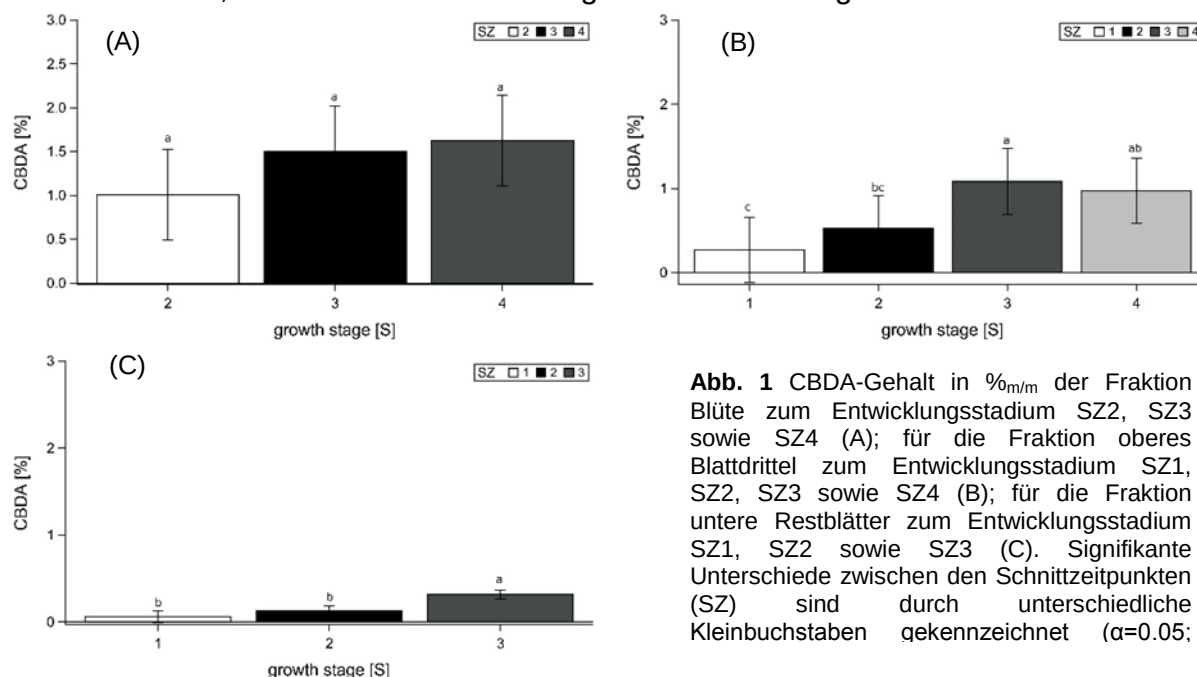


Abb. 1 CBDA-Gehalt in %_{m/m} der Fraktion Blüte zum Entwicklungsstadium SZ2, SZ3 sowie SZ4 (A); für die Fraktion oberes Blattdrittel zum Entwicklungsstadium SZ1, SZ2, SZ3 sowie SZ4 (B); für die Fraktion untere Restblätter zum Entwicklungsstadium SZ1, SZ2 sowie SZ3 (C). Signifikante Unterschiede zwischen den Schnitzeitpunkten (SZ) sind durch unterschiedliche Kleinbuchstaben gekennzeichnet ($\alpha=0.05$;

In der Blütenfraktion sind keine signifikanten Unterschiede bezüglich des Entwicklungsstadiums zu verzeichnen, allerdings kann im oberen Blattdrittel der Pflanze zum Vollblüttestadium der höchste CBDA-Gehalt, gefolgt vom Abreiftestadium erzielt werden. Da aus den unteren Restblättern die geringste Ausbeute an CBDA zu erwarten ist, kann diese für die Wahl des optimalen Erntezeitpunktes vernachlässigt werden. Die Sorte `Finola` ist eine frühreife kurzstrohige Sorte mit einem hohen Samenbildungsanteil und einem geringen Stroh- und Faserbildungspotential, speziell gezüchtet für die Hanfsamenproduktion. Bei SZ4 wurden die Hanfsamen manuell entfernt und der Gehalt an CBDA aus den leeren Blütenhüllen gewonnen. Da diese Ausbeute sich nicht signifikant vom Vollblüttestadium unterscheidet wäre hier eine Doppelnutzung der Sorte `Finola` im Hinblick auf Hanfsamen und dem sekundären Inhaltsstoff CBDA aus den leeren Blütenhüllen sowie dem oberen Blattdrittel denkbar. Für einen Anbau der Sorte rein zur CBDA Gewinnung ist die Ernte zum Vollblüttestadium der Pflanze vorteilhaft.

Abschließend ist zu verzeichnen, dass bei einem Anbau der Sorte `Finola` zur Gewinnung von CBDA, der optimale Erntezeitpunkt vom Produktionsziel abhängt sowie die Wahl des richtigen Ernteorgans Relevanz zeigt.

Literatur

- Appendino G., Chianese G., Tagliatela-Scafati O., 2011. Cannabinoids: occurrence and medicinal chemistry. *Curr. Med. Chem.*, 18, 1085-1099.
- Mediavilla V., Jorquera M., Schmid-Slembrouck I. und Soldati A., 1989. Decimal code for growth stages of hemp (*Cannabis sativa* L.). *Journal of the International Hemp Association* 5(2), 65, 68-74.

Vergleich unterschiedlicher Methoden der Bestimmung des Glutenin-Makro-Polymers (GMP) zur Beurteilung der Backqualität von Weizen

Christine Volkmann¹, Ludger Linnemann² und Bernd Honermeier¹

¹Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität, Gießen; ²Professur für Ökologischen Landbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung II, Justus-Liebig-Universität, Gießen. E-Mail: christine.volkmann@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Zur Beurteilung der Backqualität von Weizen wird gegenwärtig vor allem der Proteingehalt der Körner berücksichtigt. Es hat sich jedoch gezeigt, dass Gesamt-Protein allein kein geeigneter Parameter zur Vorhersage der Backqualität des Weizens ist. Derzeit gibt es jedoch keine gute und schnelle Alternative gegenüber der Proteinbestimmung mittels Nah-Infrarot-Spektroskopie (NIRS) (GABRIEL et al. 2017). Das Glutenin-Makro-Polymer (GMP) zählt zu den indirekten Parametern zur Bestimmung der Backqualität. GMP korreliert höher mit dem Backvolumen, als das Gesamtprotein. Die derzeitige Messung von GMP nimmt viel Zeit und Kosten in Anspruch und ist daher aufwändig in der Praxis anzuwenden. Aus diesem Grund soll der Parameter zukünftig mittels NIRS erfasst werden. Um eine geeignete Kalibrierung für die Nah-Infrarot-Spektroskopie zu erstellen, ist die Referenzmethode ein entscheidender Faktor. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand daher darin, die Referenzmethoden der Hochleistungsflüssigkeitschromatographie (HPLC), Photometrie und der Stickstoffanalyse nach Dumas bezüglich ihrer Eignung zur Bestimmung des GMP miteinander verglichen und zu beurteilen.

Material und Methoden

Aus der Ernte der Jahre 2017 und 2018 wurden insgesamt 70 Weizenproben aus Sortenprüfungen, die in Hessen bzw. Baden-Württemberg durchgeführt wurden, berücksichtigt.

Die Extraktion der Proben für die Analyse mittels HPLC, Photometer und Dumas erfolgte in Anlehnung an LINNEMANN 2010. Bei der Extraktion für die Dumas-Methode wird jedoch der zweite Extraktionsschritt für GMP umgangen und stattdessen der Rückstand nach der ersten Extraktion getrocknet und anschließend der Proteingehalt des Rückstandes nach Dumas bestimmt. Die Messergebnisse der verschiedenen Methoden wurden auf dem Perten IM9500 Nah-Infrarot-Spektroskop (NIRS) mittels der Software the Unscrambler X 10.5 kalibriert.

Ergebnisse und Diskussion

Die GMP-Werte der Photometer-Methode weisen eine sehr enge Korrelation ($R^2=0,95$) zu den Werten der Dumas-Methode auf. Die Steigung der Kalibrations-Geraden betrug 1,01. Dies zeigt, dass nicht nur eine enge Beziehung zwischen den Methoden besteht, sondern die Werte nahezu identisch sind. Die höchste Standardabweichung zwischen der Photometer- und Dumas-Methode lag bei 0,2. Während die höchste relative Standardabweichung der Werte zwischen Dumas und Photometer-Methode bei zehn Prozent lag.

Die Korrelation zwischen den GMP Werten, welche mittels Photometer und HPLC ermittelt wurde, ergab ein R^2 von 0,86 und eine Steigung von 0,76. Die Werte korrelieren stark, die Steigung zeigt jedoch, dass die Werte unterschiedlich hoch

sind. Die höchste Standardabweichung zwischen den Methoden lag bei 0,5. Die höchste ermittelte relative Standardabweichung lag bei 16,9.

Die schwächste Korrelation bestand zwischen den GMP-Werten aus der Dumas- und HPLC-Methode ($R^2=0,66$). Auch die Steigung von 0,57 zeigt eine geringere Übereinstimmung der Werte. Die höchste Standardabweichung zwischen den Methoden lag bei 0,5. Die höchste relative Standardabweichung zwischen den Methoden lag bei 14,4.

Die HPLC Methode zeigte Schwankungen zwischen den Messergebnissen derselben Probe, weshalb die Messungen hier mehrmals wiederholt werden mussten. Die Dumas- und Photometer-Methoden waren weniger anfällig und zeigten stabile Werte über die Messungen hinweg mit relativen Standardabweichungen unter 5 %. Die Ergebnisse der HPLC-Methode können hier nicht als allgemein gültig angesehen werden, da der Einfluss des verwendeten HPLC-Gerätes hier als Einflussgröße miteinbezogen werden muss. Da die HPLC-Methode auch bei der Kalibrierung schlechtere Ergebnisse aufwies, werden hier lediglich die Kalibrations-Ergebnisse der Photometer- und Dumas-Methode verglichen.

In Tabelle 1 sind die Ergebnisse der Kalibration der Dumas und Photometer-Methode im Vergleich dargestellt. Berücksichtigt werden die Ergebnisse der Kalibration und Kreuzvalidierung. Auffällig ist hier, dass beide Methoden ein R^2 von 0,87 aufweisen. Bei der Validierung waren jedoch die GMP-Werte nach Dumas mit einem R^2 von 0,73 deutlich besser als beim Photometer ($R^2=0,63$). Die Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme (RMSE) war beim Photometer etwas geringer bei der Kalibration, gegenüber den mittels Dumas ermittelten GMP-Werten (Photometer RMSE= 0,19; Dumas RMSE=0,23).

Tab. 1: Kalibrationsergebnisse der Dumas- und Photometer-Methode im Vergleich

Method	Kal. / Val.	Slop	Offset	RMSE	R^2
Photometer	Kal.	0,87	0,36	0,19	0,87
	Val.	0,73	0,76	0,32	0,67
Dumas	Kal.	0,87	0,37	0,23	0,87
	Val.	0,75	0,73	0,33	0,73

Kal.: Kalibrationswerte, Val.: Validationswerte, RMSE: Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme, R^2 : Bestimmtheitsmaß

Da die Photometer- und Dumas-Methode sehr stark miteinander korrelierten und auch ähnlich gute Kalibrationsergebnisse zeigten, eignen sich beide Methoden als Referenzmethoden zur Kalibration des NIRS-Gerätes. Da eine größere Anzahl an Proben für eine Kalibration benötigt wird, sollten bei der Entscheidung über die zu verwendende Methode auch die Laborkosten, die Aufwandszeit sowie die Umweltkosten miteinbezogen werden.

Literatur

Gabriel, G.; Pfitzner, C.; Haase, N. U.; Hüskens, A.; Prüfer, H., Greef, J.-M. und Rühl, G. (2017): New strategies for a reliable assessment of baking quality of wheat – Rethinking the current indicator protein content. J Cereal Sci., 77, 126-134.

Linnemann, L. (2010): Entwicklung einer prozessnahen Diagnostik der Mehlqualität und Teigbereitung zur optimierten Herstellung von Backwaren aus Öko-Weizensorten. http://orgprints.org/18758/1/18758-06OE296-forschungsring-linnemann-2010-melqualitaet_oekoweizen.pdf

Beschädigung und Lagerungsverluste bei unterschiedlicher Gewebefestigkeit von Zuckerrüben

Gunnar Kleuker und Christa Hoffmann

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

Einleitung

Während der Ernte, insbesondere durch intensive Reinigung, beim Verladen und Transport von Zuckerrüben, können erhebliche Beschädigungen an den Zuckerrübenkörpern entstehen. Wurzelspitzenbruch und Oberflächenverletzungen der Rüben können zu direkten Ertrags- und Qualitätsverlusten führen (VAN SWAAILJ et al. 2003). Bei stark beschädigten Rüben erhöht sich die metabolische Aktivität zur Wundheilung, zusätzlich sind Verletzungen Eintrittspforte für Pathogene und führen zu höheren Lagerungsverlusten (MUMFORD & WYSE 1976). Sortenunterschiede in der Beschädigungsempfindlichkeit und die Auswirkung auf die Lagerungsverluste konnten HOFFMANN & SCHNEPEL (2016) sowie HOFFMANN et al. (2018) zeigen. Im Rahmen dieser Untersuchung sollte der Einfluss von Sorte und Standort auf die Festigkeit von Zuckerrüben bestimmt werden. Darüber hinaus sollten mögliche Zusammenhänge zwischen diesen Parametern, der Beschädigungsintensität und den Lagerungsverlusten von Zuckerrüben untersucht werden.

Material und Methoden

Im Jahr 2018 wurden drei Zuckerrübensorten an drei Standorten in Deutschland (IfZ, NZ, SZ) sowie in Kooperation mit den COBRI-Partnern an weiteren Standorten in Belgien (IRBAB), den Niederlanden (IRS) und Schweden (NBR) in 6 Wiederholungen angebaut. Die Zuckerrüben wurden im Oktober maschinell gerodet. Qualitätsanalyse, Bonitur der Beschädigungen sowie die Lagerungsversuche erfolgten am IfZ. Die Lagerung fand bei konstanter Temperatur (8,1-8,6 °C) in Klimacontainern statt. Die Zuckerrüben wurden auf den Gehalt an Zucker, Kalium, Natrium, Amino-N und Glucose mit einer automatisierten Anlage (Anton Paar OptoTex GmbH, Seelze) vor und nach der Lagerung analysiert. Lagerungsverluste ergaben sich aus der Differenz zwischen Zuckerertrag vor und nach der Lagerung und sind relativ zum Zuckerertrag bei Einlagerung dargestellt (± 100 %). Zur Vergleichbarkeit erfolgte die Darstellung der Lagerungsverluste auf Basis der Temperatursumme. Der Zuckerertrag nach der Lagerung wurde aus dem Gewichtsverlust während der Lagerung und dem Zuckergehalt nach der Lagerung unter Berücksichtigung des Erdanhanges bestimmt. Die Festigkeit der Rüben wurde mit einem Texture Analyser (TA.XTplus100, Stable Micro Systems, Godalming, UK) durch Penetrations- und Kompressionstests vor der Lagerung bestimmt. Der Penetrationstest wurde an fünf Rüben pro Parzelle mit jeweils drei Messungen durchgeführt. An denselben Rüben wurde die Druckfestigkeit an jeweils zwei Probenzylindern bestimmt. Die Methodik ist bei KLEUKER & HOFFMANN (2019) beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Penetrationswiderstand und Druckfestigkeit wurden von Sorte und Standort beeinflusst. Die Festigkeit war für den Standort NZ, gefolgt von SZ, am niedrigsten. Die Sortenunterschiede im Penetrationswiderstand waren ähnlich wie in der Druckfestigkeit. Nur Sorte 2 hatte zwar einen hohen Penetrationswiderstand, jedoch eine geringe Druckfestigkeit (Abbildung 1).

Der Wurzelbruch wurde von Standort und Sorte beeinflusst. Dabei zeigte sich, dass

Sorte 2 auf dem Niveau von Sorte 1 lag und beide Sorten stärker beschädigt waren als Sorte 3. Diese Rangfolge der Sorten ließ sich auch beim Zuckerertragsverlust finden. Der Zuckerertragsverlust während der Lagerung wurde von Sorte und Standort beeinflusst, Wechselwirkung zwischen den Faktoren gab es nicht.

Auf Standortebeine war kein Zusammenhang zwischen der Festigkeit der Zuckerrüben und dem Wurzelbruch bzw. dem Zuckerertragsverlust zu erkennen. Der Wurzelbruch wurde wahrscheinlich am deutlichsten von der Einstellung des Rübenroders beeinflusst. Vergleicht man diese Parameter jedoch auf der Sortenebene, lässt sich erkennen, dass Sorte 3 mit der höchsten Druckfestigkeit auch den geringsten Wurzelbruch und Zuckerertragsverlust hatte. Diese einjährigen Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich Zuckerrübensorten in ihrer Festigkeit unterscheiden und diese Eigenschaft Auswirkungen auf die Sortenunterschiede in der Beschädigungs-empfindlichkeit (Wurzelbruch) und den Lagerungsverlusten hat.

Literatur

- HOFFMANN, C. M., M. LEIJDEKKERS, J. EKELÖF & F. VANCUTSEM, 2018: Patterns for improved storability of sugar beet – importance of marc content and damage susceptibility of varieties in different environments. *European Journal of Agronomy* 101, 30-37.
- HOFFMANN, C. M. & K. SCHNEPEL, 2016: Susceptibility to root tip breakage increases storage losses of sugar beet genotypes. *Sugar Industry/Zuckerind.* 141, 625-632.
- KLEUKER, G. & C. M. HOFFMANN, 2019: Method development for the determination of textural properties of sugar beet roots. *Sugar Industry/Zuckerind.* 144 (7), 1-9.
- MUMFORD, D. L. & R. E. WYSE, 1976: Effect of fungus infection on respiration and reducing sugar accumulation of sugarbeet roots and use of fungicides to reduce infection. *J. Am. Soc. Sugar Beet Technol* 19 (2), 157-162.
- VAN SWAAIJ, A. C. P. M., J. P. VAN DER LINDEN & J.-P. VANDERGETEN, 2003: Effect of growth conditions and variety on damage susceptibility of sugarbeet. *Sugar Industry/Zuckerind.* 128 (12), 888-891.

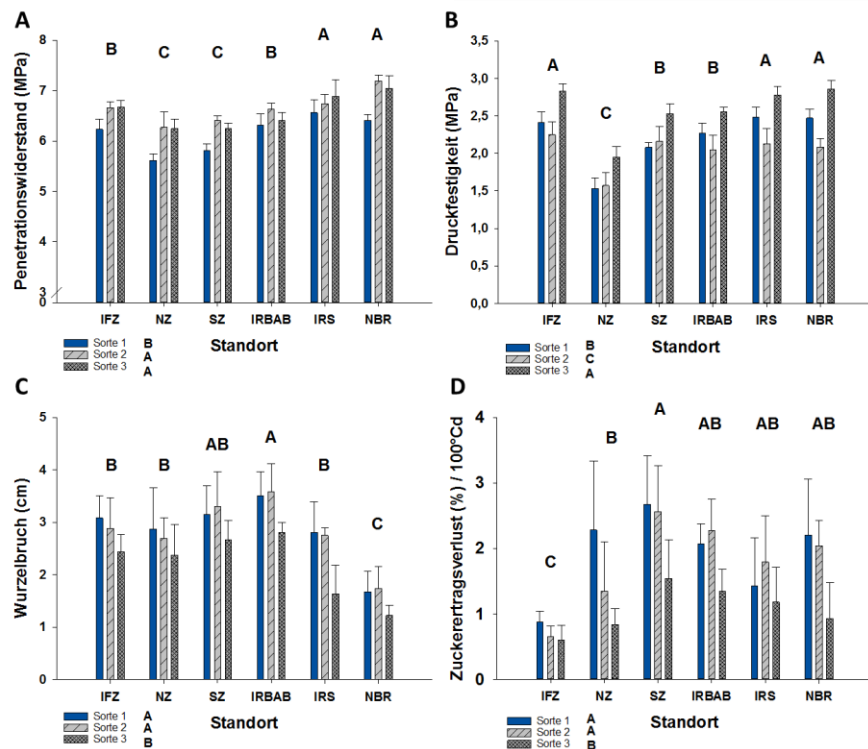


Abbildung 1: Penetrationswiderstand (A), Druckfestigkeit (B), Wurzelbruch (C) und Zuckerertragsverlust (D) von drei Sorten an sechs Standorten. Unterschiedliche Buchstaben geben signifikante Unterschiede zwischen Sorte bzw. Standort an.

Spross- und Wurzelentwicklung von *Solanum tuberosum* L. bei Einsatz von Gärrückständen in variierenden Ablagetiefen

Christina-Luise Roß, Maike Eschwe, Charlotte Borm und Timo Kautz

Humboldt-Universität zu Berlin, ADTI, FG Pflanzenbau, Berlin. E-Mail: eschwema@hu-berlin.de

Einleitung

Flüssige Gärprodukte werden bisher zu Kartoffeln kaum eingesetzt, weil u.a. noch ungeklärt ist, ob bei Anwendung von Gärprodukten mit Ertrags- oder Qualitätseinbußen zu rechnen ist oder welchen Einfluss die Ablageposition- und tiefe auf den Erfolg der Düngemaßnahme hat. In einem Gefäßversuch wurde deshalb die Wirkung von Gärrückständen auf die Pflanzen- und insbesondere die Wurzelentwicklung von Kartoffeln geprüft.

Material und Methoden

Kartoffeln (Sorte Eurostarch NN) wurden in 32 l-Eimern gepflanzt. Zum Pflanztermin wurden zwei verschiedene Gärprodukte (GP) in drei Verfahren appliziert (s. Abb. 1):

1. Oberflächliche Ausbringung mit Einmischung in die oberen Zentimeter („OF“)
2. flache Unterfußapplikation 11 cm unter der Knolle („UF flach“)
3. tiefe Unterfußapplikation 20 cm unter der Knolle („UF tief“)

Die Gärprodukte stammten aus einer mit Rindergülle, Mais- und Grassilage beschickten Biogasanlage („GP land“), sowie aus einer mit Speise- und Kantinenabfällen arbeitenden Anlage („GP Speise“).

Zum Vergleich wurden eine Variante mit oberflächlicher Mineraldüngung (COMPO Gartendünger Blaukorn® NovaTec®) und eine ungedüngte Kontrolle angelegt. Alle Dünger wurden mit einer Aufwandmenge von 5,5 g N je Gefäß ausgebracht.

Sieben Wochen nach dem Pflanzen (ca. eine Woche vor Blühbeginn) wurden mit einem

Wurzelbohrer von fünf cm Durchmesser je Gefäß drei Proben entnommen, aus denen in sechs Abschnitten die Wurzeln ausgewaschen wurden. Dazu wurde das oberirdische Pflanzenmaterial beerntet. Wurzeln, Laub und Stängel wurden nach Trocknung gemahlen und zur Bestimmung der Mineralstoffgehalte analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die mit Gärprodukten gedüngten Kartoffelpflanzen produzierten bei oberflächlicher Ausbringung signifikant mehr oberirdische Biomasse als die ungedüngten und die mit Mineraldünger versorgten Pflanzen (s. Abb. 2). Bei Unterfuß-Applikation erwies sich bei beiden GP die tiefe Applikation als tendenziell vorteilhafter. Die Pflanzen bildeten hier ähnlich viel Biomasse wie die mit Mineraldünger gedüngten Varianten.

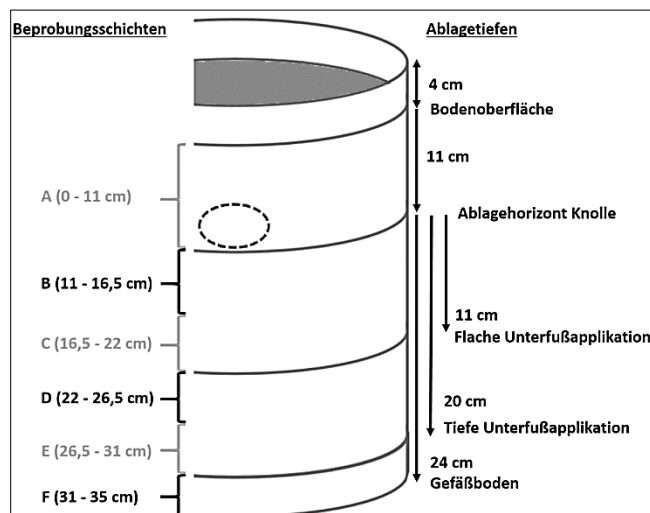


Abb. 1: Ablage- und Probenahmetiefen im Gefäßversuch

Die Wurzelbiomasse betrug zwischen 0,28 und 0,55 mg cm⁻³ und unterschied sich zwischen den Varianten nicht signifikant (DunnettT3 -Test, $P \leq 0,05$, $n = 4$). Es zeigten sich jedoch deutliche Unterschiede in der Tiefenverteilung der Wurzeln. So fanden sich bei der Düngung mit Gärprodukten bei Unterfußapplikation stets in der Schicht unmittelbar über oder unter dem GP-Horizont am meisten Wurzeln, während in dem Bereich über der Knolle mehr Wurzeln ausgebildet wurden, wenn das Gärprodukt oberflächlich appliziert anstatt unterfuß abgelegt wurde (s. Abb. 3, vergl. Abb. 1).

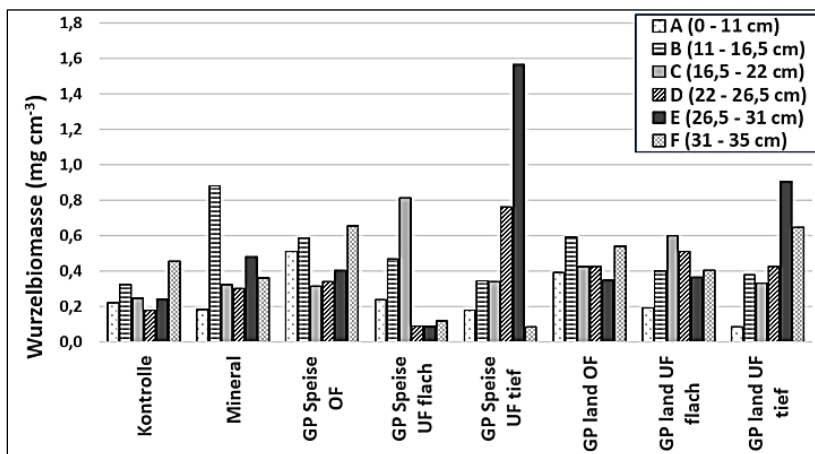


Abb. 3: Wurzelbiomasse je Kubikzentimeter in Abhängigkeit von Düngerart und Ausbringtiefe. (A = oberste Bodenschicht, F = tiefste Schicht)

Wert durch die Dünger nicht wesentlich beeinflusst wurde (Ergebnisse nicht gezeigt), sind Unterschiede in Form oder Menge von Nährstoffen und organischem Material bei verschiedenen Gärprodukten naturgemäß vorhanden. Zudem wirkten sich beide Gärprodukte schon innerhalb der kurzen Versuchslaufzeit in unterschiedlicher Weise erkennbar auf die Bodenstruktur aus, was die Durchwurzelung des Bodens direkt und durch die Veränderung der Wasserverteilung im Gefäß auch indirekt beeinflusst haben könnte. Die Fortsetzung der Untersuchungen wird zeigen, welchen Einfluss die Gärprodukte und deren Applikationsart auf Knollenertrag und -qualität haben.

Literatur

1. Bauer, B., Mit der Düngung die Raps pflanze steuern. Innovation, 2011. 2/2011: p. 8-11.
2. Burton, W.G., The Potato. 3 ed. 1989, Burnt Mill, Harlow: Longman Scientific & Technical.

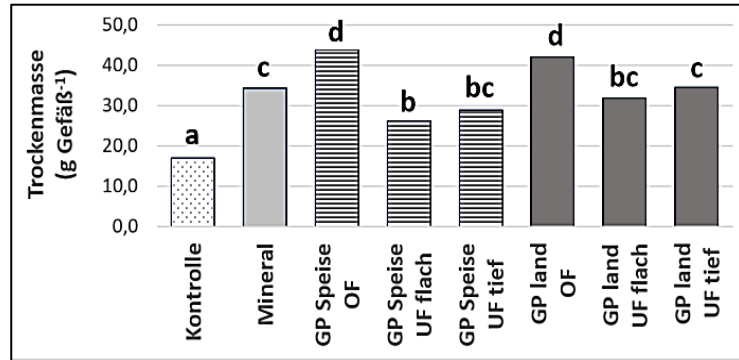


Abb. 2: Oberirdische Biomasseproduktion in Abhängigkeit von Düngerart und Ausbringtiefe. Verschiedene Buchstaben markieren signifikante Unterschiede zwischen den Varianten (Tukey's HSD-Test, $P \leq 0,05$, $n = 4$)

Bei tiefer Unterfußdüngung kommen offensichtlich Lockeffekte zum tragen^[1], die auch die sonst eher flach wurzelnde Kartoffel^[2] dazu veranlassen, ein tieferes Wurzelsystem auszubilden, was insbesondere in Trockenphasen positive Wirkungen auf die Pflanzenentwicklung haben kann. Es treten dabei verschiedene, z.T. miteinander in Wechselwirkung stehende Effekte auf. Während der pH-

Vertical root distribution of white clover and perennial ryegrass differs between sole stands and intercrops

Inga Dirks¹, Juliane Streit² und Catharina Meinen¹

¹Department für Nutzpflanzenwissenschaften – Pflanzenbau, Georg-August-Universität Göttingen, 37073 Göttingen, Germany; ²Leibniz Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research Gatersleben, 06466 Stadt Seeland, Germany. E-Mail: inga.dirks@uni-goettingen.de

Introduction

Intercropping is practiced in many parts of the world (Francis, 1986). Intercrops hold a number of agronomic benefits: Light, water and nutrients are more completely absorbed and converted to crop biomass by intercropping (Hauggaard-Nielsen et al., 2001). The dicot legume white clover (*Trifolium reprens* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) are frequently sown as intercrops in many pasture seed mixes. Intercrops have rarely been analyzed for their root growth and root architecture due to lack of appropriate methods to identify species specific root biomass in mixed stands. Root architecture and vertical root distribution play a pivotal role regarding yield stability and drought resistance.

Material and Methods

At the experimental station at Reinshof near Göttingen, we analyzed aboveground and belowground biomass of sole and mixed stands of white clover (WC), unfertilized perennial ryegrass (PRN0), fertilized perennial ryegrass (PRN1), and intercrops of white clover and unfertilized perennial ryegrass (WCPR) for 2015, 2016, and 2018. Belowground dry matter was investigated down to 60 cm soil depth. By using FTIR spectroscopy we identified species specific root biomass in mixed stands. Vertical root distribution was calculated according to the equation $Y=1-\beta^d$. (Gale & Grigal, 1987), where d is the soil depth and Y is the proportion of roots from the surface to soil depth d . High β -values correspond to a larger proportion of roots in deeper areas whereas low beta values correspond to shallow root systems.

Results and Discussion

Aboveground dry matter was in average $958\pm33\text{g per m}^2$ in 2015, $618\pm19\text{g per m}^2$ in 2016, and $291\pm17\text{g per m}^2$ in 2018. Intercrops and fertilized perennial ryegrass had a significantly higher biomass than unfertilized perennial ryegrass and white clover in 2018, but not in 2015 and 2016. White clover had a significantly higher biomass than unfertilized perennial ryegrass in 2015, but not in 2016 and 2018.

Analysis of vertical root distribution revealed that ryegrass had a significantly deeper root system in mixed stands ($\beta=0.90\pm0.002$) with white clover, compared to sole stands ($\beta =0.87\pm0.004$) in 2015. In 2016 vertical root distribution of perennial ryegrass was not different between mixed and sole stands. However clover had a significantly shallower root system in mixed ($\beta =0.89\pm0.005$) than in sole ($\beta =0.93\pm0.002$) stands in 2016. The microsite ‘between the rows (bet)’ never showed differences in vertical root distribution between mixed and sole stands. The adjustment of vertical root distribution of both species indicates that root growth of white clover and perennial ryegrass might be complementary rather than competitive.

Table 1 β values of white clover and perennial ryegrass in grassland systems: sole unfertilized perennial ryegrass (PRN0), sole fertilized perennial ryegrass (PRN1), sole white clover (WC) and unfertilized perennial ryegrass and white clover intercrop (WCPR) for the sampling positions 'on the row' (on) and 'between the rows' (bet) for the year 2015 and 2016. Given are means $\pm$ SE. Different lowercase letters indicate significant differences ($p \leq 0.05$, LSD post-hoc test).

Year	Perennial ryegrass		White clover	
	Treatment	β	Treatment	β
2015	PRN0 on	0.87 $\pm$ 0.01 a	WC on	0.90 $\pm$ 0.01 abc
	PRN1 on	0.87 $\pm$ 0.00 a		
	WCPR on	0.90 $\pm$ 0.01 b	WCPR on	0.89 $\pm$ 0.01 a
	PRN0 bet	0.91 $\pm$ 0.01 b	WC bet	0.93 $\pm$ 0.01 bc
	PRN1 bet	0.89 $\pm$ 0.01 ab		
	WCPR bet	0.92 $\pm$ 0.00 b	WCPR bet	0.93 $\pm$ 0.01 bc
2016	PRN0 on	0.91 $\pm$ 0.02	WC on	0.93 $\pm$ 0.00 a
	PRN1 on	0.91 $\pm$ 0.03		
	WCPR on	0.90 $\pm$ 0.05	WCPR on	0.89 $\pm$ 0.01 b
	PRN0 bet	0.93 $\pm$ 0.01	WC bet	0.94 $\pm$ 0.00 a
	PRN1 bet	0.92 $\pm$ 0.01		
	WCPR bet	0.92 $\pm$ 0.02	WCPR bet	0.93 $\pm$ 0.01 a

Literatur

- Francis, C. (1986) Multiple cropping systems. Macmillan, New York,
- Gale, M.R. & Grigal, D.F. (1987) Vertical root distributions of northern tree species in relation to successional status. Canadian Journal of Forest Research-Revue Canadienne De Recherche Forestiere, 17, 829-834.
- Hauggaard-Nielsen, H., Ambus, P. & Jensen, E.S. (2001) Interspecific competition, N use and interference with weeds in pea-barley intercropping. Field Crops Research, 70, 101-109.
- Streit J., Meinen C., Rauber R (2019): Intercropping effects on root distribution of eight novel winter faba bean. Field Crop research 235, 1-10.

Wurzelwachstum von Ackerbohne (*Vicia faba* L.) und Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) im bioporennahen Unterboden

Lisa Petzoldt und Timo Kautz

Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Fachgebiet Pflanzenbau, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin. E-Mail: lisa.petzoldt@hu-berlin.de

Einleitung

Ein ausgeprägtes tiefes Wurzelsystem kann, insbesondere bei verstärkt auftretenden Trockenperioden zur Ertragssicherung beitragen. Deshalb bedarf es für zukunftsorientierte Landbausysteme genauerer Kenntnisse über die Eigenschaften und die Durchwurzelung der heterogenen Strukturen im Unterboden. Dabei sind Bioporen von besonderem Interesse. Sie werden von Pflanzenwurzeln und den anözischen Regenwurm (*Lumbricus terrestris* L.) geprägt. Bioporen zeichnen sich u.a. durch einen geringen Eindringwiderstand, der Auskleidung mit org. Rückständen und einer erhöhten Mikroorganismenaktivität aus. Kulturpflanzenwurzeln können sie als präferenzielle Ausbreitungswege nutzen, um zügig in tiefere Bodenschichten zu gelangen (Perkons, 2018). Fraglich ist, wie Kulturpflanzenwurzeln den potenziell nährstoffreichen Boden in der Umgebung von Bioporen explorieren und zur Nährstoffaufnahme nutzen.

Material und Methoden

Am Campus Klein-Altendorf bei Bonn (50°37'8.5"N, 6°59'25.4"E, 150 m ü. NN, langj. Ø 9,6 °C a⁻¹, Ø 625 mm a⁻¹) wurde ein Feldversuch auf einer Normparabraunerde aus Löss (Pätzold et al., 2006) angelegt. In einer voll randomisierten Blockanlage wurden auf vier Parzellen Ackerbohne (*Vicia faba* L.) und Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) angebaut. Im Kernparzellenbereich wurden kurz vor der Blüte jeweils acht Bioporen (Ø > 6 mm) untersucht. Je Kulturpflanzenart sind 16 Bioporen über eine Tiefe von 60 cm in 20 cm-Tiefenintervallen von 45 cm bis 105 cm Bodentiefe beprobt worden. Der bioporennaher Raum wurde mit speziell angefertigtem Beprobungswerkzeug in einem lateralen Abstand von 2 - 4 mm von der Porenoberfläche beprobt. Weiterhin wurden Proben im Abstand von 8 - 12 mm von der Porenoberfläche entnommen. Dieser Bereich kann als von der Biopore unbeeinflusst, d.h. als *bulk*-Boden betrachtet werden (Andriuzzi et al., 2013). Die Wurzellängendichte wurde mit der Software WinrhizoProTM (Regent Instruments, Canada) und die C- und N-Gehalte mit dem Elementaranalyser (EURO EA-3000, Eurovector, Italien) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Generell waren mit zunehmender Bodentiefe abnehmende C- und N-Gehalte zu beobachten. Auch die Wurzellängendichte von Ackerbohne nahm mit der Bodentiefe ab. Für alle untersuchten Parameter wurden signifikante Unterschiede zwischen dem bioporennahen Bereich mit 2 - 4 mm zum *bulk*-Boden festgestellt. Das gilt sowohl unter dem homorhizen (*Hordeum vulgare* L.) als auch dem allorhizen (*Vicia faba* L.) Wurzelsystem (Tabelle 1). Anhand der Wurzellängendichte zeigt sich eine Präferenz für den bioporennahen Raum. Der erleichterte Zugang durch Bioporen zu diesem Bodenraum kann als Grund dafür angesehen werden. Ein positiver Einfluss des erhöhten C- und N-Gehalts in Bioporennähe auf die Wurzellängendichten ist möglich. Allerdings deuten fehlende Korrelationen zwischen den C- und N-Gehalten und den

Wurzellängendichten darauf hin, dass diese Gehalte nicht die ausschlaggebenden Faktoren sind.

Tabelle 1: C- und N-Gehalt sowie die Wurzellängendichte (WLD) im bioporennahen Unterboden von *Hordeum vulgare* L. und *Vicia faba* L.*

Boden- tiefe [cm]	<i>Hordeum vulgare</i> L. C [%]		<i>Vicia faba</i> L. C [%]	
	2 - 4 mm	bulk	2 - 4 mm	bulk
45 - 65	0,51 ^{aA} (±0,01)	0,45 ^{bA} (±0,01)	0,44 ^{aA} (±0,01)	0,38 ^{bA} (±0,01)
65 - 85	0,43 ^{aB} (±0,01)	0,38 ^{bB} (±0,01)	0,42 ^{aA} (±0,01)	0,36 ^{bA} (±0,01)
85 - 105	0,40 ^{aC} (±0,02)	0,33 ^{bC} (±0,01)	0,38 ^{aB} (±0,01)	0,33 ^{bB} (±0,01)
Boden- tiefe [cm]	N [%]		N [%]	
	2 - 4 mm	bulk	2 - 4 mm	bulk
45 - 65	0,059 ^{aA} (±0,001)	0,055 ^{bA} (±0,001)	0,052 ^{aA} (±0,001)	0,047 ^{bA} (±0,001)
65 - 85	0,055 ^{aB} (±0,001)	0,050 ^{bB} (±0,001)	0,052 ^{aA} (±0,001)	0,047 ^{bA} (±0,001)
85 - 105	0,049 ^{aC} (±0,001)	0,043 ^{bC} (±0,001)	0,048 ^{aB} (±0,001)	0,044 ^{bB} (±0,001)
Boden- tiefe [cm]	WLD [cm cm ⁻³]		WLD [cm cm ⁻³]	
	2 - 4 mm	bulk	2 - 4 mm	bulk
45 - 65	2,45 ^a (±0,29)	0,84 ^b (±0,11)	0,41 ^{aA} (±0,11)	0,09 ^{bA} (±0,03)
65 - 85	2,39 ^a (±0,47)	0,61 ^b (±0,14)	0,30 ^{aAB} (±0,01)	0,02 ^{bAB} (±0,01)
85 - 105	1,76 ^a (±0,47)	0,27 ^b (±0,05)	0,09 ^{aB} (±0,06)	0,03 ^{bB} (±0,02)

* Mittelwerte und Standardfehler n = 16; ^{a,b} bzw. ^{A,B,C} indizieren sig. Unterschiede zwischen bioporennahem Boden und *bulk*-Boden bzw. Tiefenstufen (zweifakt. ANOVA mit Tukey-Test, α = 0,05).

Insbesondere wenn der Oberboden stark abtrocknet und die Pflanzenwurzeln bereits Bioporen erreicht haben, können diese vermutlich zur Nährstoffversorgung beitragen. Hierzu bedarf es weiterer Untersuchungen an unterschiedlichen Standorten. Darüber hinaus zeigen jüngste Studien einen Zusammenhang des Kohlenstoffvorrats mit einem ausgeprägten Wurzelwachstum in tieferen Bodenbereichen (Poirier et al., 2018). Demnach ist ein ausgedehntes, tiefes Wurzelsystem nicht nur zur Pflanzengesundheit und Nährstoffversorgung in Low-Input-Systemen von Bedeutung. Sondern wird vermutlich unter den prognostizierten künftigen mitteleuropäischen Klimabedingungen auch für die Bodenfruchtbarkeit und Nährstoffversorgung, somit der Ertragssicherung, auf langfristige Sicht eine Bedeutung zuteil.

Literatur

- Andriuzzi, W.S., Bolger, T., Schmidt, O. (2013): *The drilosphere concept: Fine-scale incorporation of surface residue-derived N and C around natural Lumbricus terrestris burrows*. Soil Biology and Biochemistry 64, 136-138.
- Pätzold, S., Vetterlein, D., Jahn, R. (2006): *Crop sequence and the nutrient acquisition from the subsoil*. Description of the reference soil Profile. DFG Research Unit 1320.
- Perkons, U. (2018): *Bioporengenesse durch homo- und allorhize Kulturpflanzen: Einfluss auf das Wurzelwachstum der Nachfrüchte*. Diss. Uni. Bonn.
- Poirier, V., Roumet, C., Munson, A.D. (2018): *The root of the matter: Linking root traits and soil organic matter stabilization processes*. Soil Biology and Biochemistry 120, 246-259.

Durchwurzelungstiefe als Merkmal der Trockenstresstoleranz: Bedeutung und Möglichkeiten der Phänotypisierung in einem Winterweizen-Sortiment

Till Rose und Henning Kage

CAU Kiel – Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung – Abteilung Acker- und Pflanzenbau, Kiel.
E-Mail: rose@pflanzenbau.uni-kiel.de

Einleitung

In Mitteleuropa ist zwischen 1950 und 2015 die Häufigkeit und Intensität von Trockenperioden im Frühjahr und Sommer angestiegen (Spinoni et al., 2017). Hieraus können unterdurchschnittliche Winterweizen-Erträge resultieren, wodurch der Bedarf an Sorten mit hoher Trockenstress-Toleranz verstärkt in den Fokus der Züchtung gerückt ist.

Die Trockenmasseproduktion von Pflanzenbeständen ist physiologisch eng an den Verbrauch der Ressource Wasser gekoppelt. In Regionen mit positiver klimatischer Wasserbilanz und tiefgründigen Böden mit hoher nutzbarer Feldkapazität ist eine große Durchwurzelungstiefe das entscheidende Merkmal, um trotz auftretender Trockenperioden hohe Erträge zu ermöglichen. Eine größere Menge der knappen Ressource Wasser kann erschlossen und die Ertragsbildung der Bestände kann so länger aufrechterhalten werden.

Die direkte, destruktive Beprobung des Merkmals Durchwurzelungstiefe ist jedoch in großer Fallzahl praktisch kaum realisierbar. Als Hilfsmerkmal zur Abschätzung von Unterschieden in der Durchwurzelungstiefe kann jedoch ggf. die Bestandestemperatur genutzt werden, die durch drohnengestützte Infrarotkameras schnell und einfach erfassbar ist.

Kältere Bestandestemperaturen deuten unter Bedingungen mit uneingeschränkter Wasserverfügbarkeit auf die potenzielle Gesamtphotosynthese der Bestände hin. Bei eingeschränkter Wasserverfügbarkeit werden diese Unterschiede aber durch Differenzen in der Wasserverfügbarkeit überlagert. Diese kann auf einer größeren Durchwurzelungstiefe und auf einem sparsameren Wasserverbrauch in der vorangehenden Phase beruhen (Rebetzke et al., 2013). Sparsame Genotypen können nur in Regionen mit regelmäßig auftretender Trockenheit und kompletter Ausschöpfung des Bodenprofils als Ideotyp gelten. Die beiden Erklärungsgrößen, sparsamer Wasserverbrauch und größere Durchwurzelungstiefe, können mit Hilfe eines Prozessmodelles voneinander getrennt werden. Hiermit können Genotypen identifiziert werden, die für Hohertragsstandorte eine hohe Produktivität mit einer großen Durchwurzelungstiefe kombinieren.

Material und Methoden

Im Rahmen des BRIWECS-Projektes wurde in einem Winterweizensortiment, bestehend aus 52 Sorten (Sortenzulassung zwischen 1963 und 2016) in zwei Versuchsjahren (2018/Trockenstress und 2019/kein Trockenstress) Bestandestemperaturen (Indikator für Wasserverfügbarkeit) und die spektrale Signatur (Indikator für Bestandesflächenindex) der Parzellen mittels einer schlagkräftigen Drohne erfasst. Mit Hilfe eines Prozessmodells kann der Parameter Durchwurzelungstiefe als erklärende Größe abgeleitet und seine Bedeutung für die Ertragsbildung dargestellt werden.

Ergebnisse und Diskussion

Die zum nahezu gleichen Zeitpunkt im Jahresverlaufe gemessenen Bestandes-temperaturen (06. Juni 2018 und 07. Juni 2019) spiegeln das Zusammenspiel von Bestandesphotosynthese-Kapazität und Wasserverfügbarkeit wider. Die Spannweite zwischen den Sorten fällt im Trockenstressjahr 2018 mit 1.78 °C deutlich höher aus, als im gut wasserversorgten Jahre 2019 (0.83 °C). Ein Vergleich der über- und unterdurchschnittlichen Bestandestemperaturen einzelner Genotypen in den kontrastierenden Versuchsjahren ermöglicht eine Einordnung der Sorten in vier Kategorien bezüglich ihrer Produktivität und Wasserverfügbarkeit (Abbildung 1). Sorten, die eine hohe Produktivität mit hoher Wasserverfügbarkeit kombinieren, lassen eine große Durchwurzelungstiefe erwarten. Eine weiterführende Analyse mit Hilfe eines Prozessmodelles folgt.

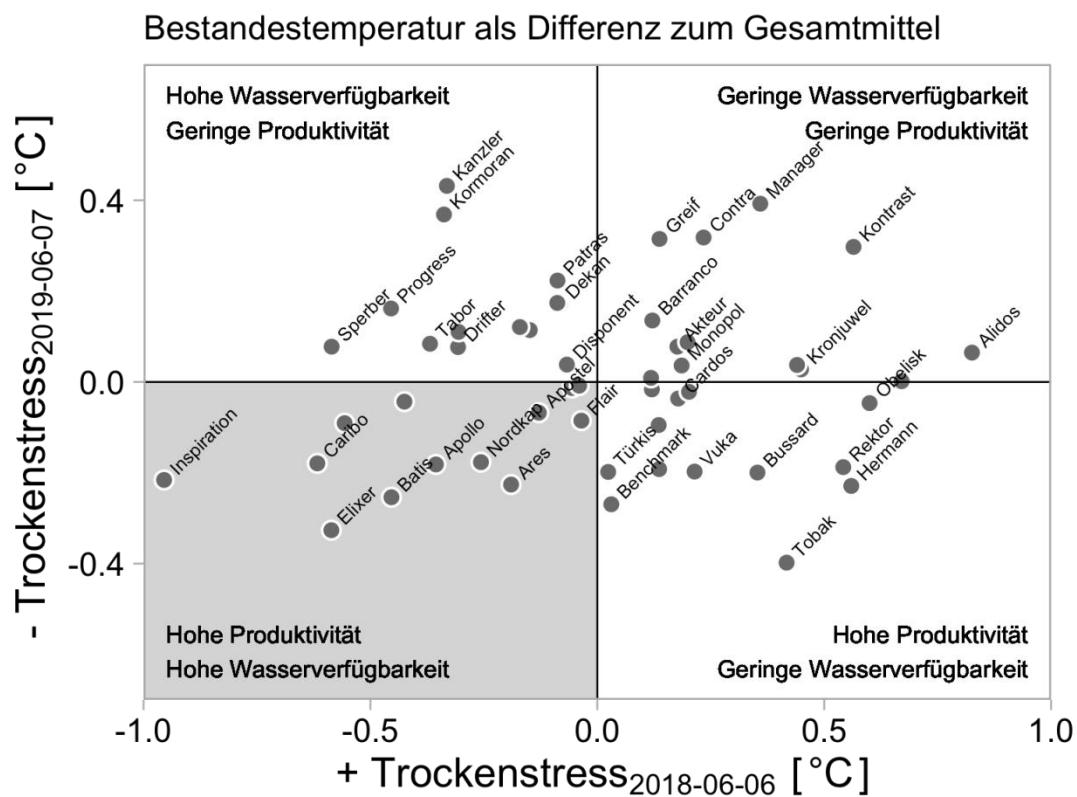


Abbildung 1: Bestandestemperaturen der Sortenmittel als Differenz zum Jahresmittel in den Jahren 2018 (+ Trockenstress, 06. Juni) und 2019 (- Trockenstress, 07. Juni). Negative Werte beschreiben Sorten, deren Temperatur kälter als der Mittelwert aller Sorten ist. Der grau hinterlegte Quadrant umfasst Sorten, die eine hohe Produktivität mit einer hohen Wasserverfügbarkeit vereinen.

Literatur

- Rebetzke, G. J., Rattey, A. R., Farquhar, G. D., Richards, R. A., & Condon, A. T. G. (2013). Genomic regions for canopy temperature and their genetic association with stomatal conductance and grain yield in wheat. *Functional Plant Biology*, 40(1), 14–33.
- Spinoni, J., Naumann, G., & Vogt, J. V. (2017). Pan-European seasonal trends and recent changes of drought frequency and severity. *Global and Planetary Change*, 148, 113–130

Bedeutung des Blattwachstums für den Ertrag von Zuckerrübensorten

Christa Hoffmann

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

Einleitung

Nicht-destruktive Methoden der Erfassung von Blatt – oder Bestandesmerkmalen werden in der Phänotypisierung von Genotypen und für die frühzeitige Abschätzung des Ertrags genutzt. Die Phänotypisierung von Zuckerrübensorten zur Ertragsschätzung setzt eine enge Beziehung zwischen Blattmerkmalen und dem Zuckerertrag im Herbst voraus. Der Zeitpunkt des Bestandesschlusses von Zuckerrüben (Blattflächenindex von 3,5) erklärt Unterschiede im Ertrag zwischen einzelnen Jahren oder Standorten (Scott & Jaggard 1978). Es ist jedoch nicht klar, ob auch Sortenunterschiede im Ertrag auf das Blattwachstum zurückzuführen sind. Ziel der Untersuchungen war es, die Bedeutung des Zeitpunktes des Bestandesschlusses und der Blattbildung für einen hohen Zuckerertrag bei Zuckerrübensorten zu erfassen. Allgemein sollte untersucht werden, ob die Ertragsbildung bei Zuckerrüben mehr Source- oder Sinklimitiert ist.

Material und Methoden

In zwei Jahren (2012, 2014) wurden randomisierte Feldversuche mit Zuckerrüben an je zwei Standorten in der Nähe von Göttingen als Spaltanlage mit den Faktoren Aussaattermin (früh, mittel, spät) als Hauptfaktor und Sorte (ZR 1, ZR 2) in 4 Wiederholungen angelegt. Der Blattflächenindex wurde zu mehreren Terminen mit einem LICOR-Gerät erfasst. Der Zeitpunkt des Bestandesschlusses wurde aus der Regressionsgleichung zwischen BFI und Temperatursumme errechnet. Zur Berechnung der Temperatursumme wurde eine Basistemperatur von 3 °C berücksichtigt (Milford et al. 1985). Rübe und Blatt wurden an vier Terminen von Anfang September bis Anfang November von Hand geerntet.

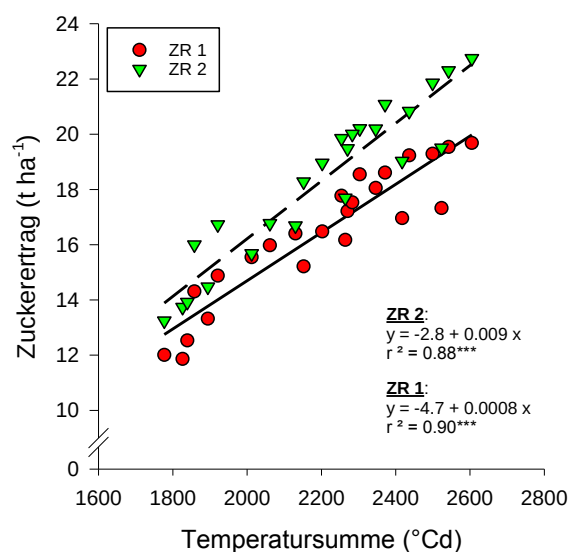


Abb. 1: Zuckerertrag von Zuckerrübensorten; Feldversuche 2012 und 2014 mit 3 Aussaat- und 4 Ernteterminen, Mittel von 2 Standorten

Ergebnisse und Diskussion

Der Zuckerertrag stieg mit der Temperatursumme von 1750 (Sept.) bis 2600 (Nov.) auf bis zu 23 t ha⁻¹ an (Abb. 1). Die geringe Variation der Werte zeigt, dass das Wachstum nahezu ausschließlich von der Temperatur gesteuert war, andere Wachstums-faktoren waren nicht begrenzend. ZR 2 erzielte einen höheren Zuckerertrag, wobei sich der Unterschied zwischen den Sorten im Laufe der Vegetations-periode sogar vergrößerte.

Tab. 1: Temperatursumme zum Erreichen des Bestandesschlusses (BFI 3,5) bei zwei Zuckerrübensorten; Mittel von 2 Standorten

Jahr	Aussaat	ZR 1 Temperatursumme (°C d)*	ZR 2 Temperatursumme (°C d)*
2012	früh	830	930
2012	mittel	780	880
2012	spät	790	870
2012		846 a	
2014	früh	770	880
2014	mittel	800	880
2014	spät	800	930
2014		843 a	
		820 B	923 A

* Basistemperatur: 3 °C

der gesamten Vegetationsperiode eine höhere RUE (radiation use efficiency) (Hoffmann 2019).

ZR 2 erreichte den Bestandesschluss in beiden Jahren und unabhängig vom Aussaattermin etwa 100 °Cd später als der ZR 1 (Tab. 1), auch wies sie durchweg einen geringeren Blattertrag auf. Somit war die Lichtinterzeption geringer, insbesondere im Mai und Juni. Obwohl der Blattertrag zum Ende der Vegetationsperiode abnahm, war im Zuckerertrag weiterhin ein linearer Zuwachs zu verzeichnen. Es gab folglich keinen Zusammenhang zwischen dem Blattwachstum und dem Zuckerertrag dieser beiden Sorten.

Der höhere Zuckerertrag konnte auf eine günstigere Assimilatverteilung zugunsten der Zuckerspeicherung zurückgeführt werden. So hatte ZR 2 während

Demzufolge ist der Zuckerertrag bei Sorten eher von der Verteilung der Trockenmasse und damit die Kapazität der Sinkorgane bestimmt als durch den Zeitpunkt des Bestandesschlusses, Blattertrag oder andere Blattmerkmale (Source).

Schlussfolgerung

Aufgrund des mangelnden Zusammenhangs zwischen dem Zeitpunkt des Bestandesschlusses sowie dem Blattwachstum und dem Zuckerertrag erscheint es schwierig, Unterschiede zwischen Zuckerrübensorten im Ertrag durch phänotypische Erfassung von Blattmerkmalen abzuschätzen. Obwohl Bestandesschluss und Lichtinterzeption eine gute Erklärung für Ertragsunterschiede im Vergleich verschiedener Jahre bieten, wird es vermutlich nicht möglich sein, mit Wachstumsmodellen den Zuckerertrag verschiedener Sorten aus dem Blattwachstum zu simulieren.

Literatur

- Hoffmann, C.M. 2019: Importance of canopy closure and dry matter partitioning for yield formation of sugar beet varieties. *Field Crops Res.* 236, 75–84
- Milford, G.F.J., Pocock, T.O., Riley, J. 1985: An analysis of leaf growth in sugar beet. II. Leaf appearance in field crops. *Ann. Appl. Biol.* 106, 173–185
- Scott, R.K., Jaggard, K.W. 1978: Theoretical criteria for maximum yield. *Proc. 41st IIRB Congress, Brussels*, 179–198

Genetische Evaluation europäischer und nativer amerikanischer Akzessionen der Becherpflanze (*Silphium perfoliatum* L.) für eine de novo Domestikation

Christian Wever¹, Lukas Becker², Martin Höller¹, Peter Westhoff², Elena Pestsova² und Ralf Pude¹

¹INRES-Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität, Rheinbach;

²Entwicklungs- und Molekularbiologie der Pflanzen, Heinrich-Heine-Universität, Düsseldorf.

E-Mail: cwever@uni-bonn.de

Einleitung

Eine zukünftige nachhaltige Landwirtschaft braucht neue mehrjährige Nutzpflanzen, die beständig Nahrung, Futter und Rohstoffe zur Verfügung stellen. Nur mehrjährige Kulturen mit ihren hoch entwickelten Wurzelsystemen können den klimatischen Amplituden des Klimawandels widerstehen und durch eine besonders effiziente Aufnahme von Nährstoffen den Einfluss der Landwirtschaft auf die Umwelt zukünftig verringern (1). Erste Erfolge bei der züchterischen Entwicklung von beispielsweise mehrjährigen Reiskultivaren zeigen, dass generell die Transformation von einer annuellen zu einer perennierenden Kultur möglich ist und zahlreiche Vorteile mit sich bringen kann (2). Die ursprünglich in Nordamerika heimische Becherpflanze (*Silphium perfoliatum* L.) ist eine Wildstaude mit vielen ökologischen Vorteilen (3; 4; 5). Insbesondere die lange ausdauernde Blütezeit und die Mehrjährigkeit machen diese Kultur zu einer wertvollen Art für Insekten und weitere Tierarten in den monotonen, von annuellen grasartigen Kulturen geprägten, Agrarlandschaften. Die Art zählt zur Gattung der *Asteraceae* und ist in der Lage ähnlich hohe Biomasseerträge, wie Silagemais, zu erzeugen. Seit Beginn der rentablen Nutzung von *Silphium perfoliatum* für die Biogaserzeugung und der Aufnahme der Kultur in das europäische Greening-Programm (3) steigt der Anbau stetig auf derzeit 3.000 ha (FNR e.V.). Gleichzeitig handelt es sich um eine züchterisch unbearbeitete Wildart.

Die Becherpflanze ist eine noch nicht domestizierte Wildpflanze mit zahlreichen pflanzenbaulichen Herausforderungen (4). Die genaue Herkunft der in Europa zirkulierenden Akzessionen war bisher unbekannt. In Osteuropa, gab es bereits zu Zeiten der Sowjetunion Bestrebungen diese Pflanze als Futterpflanze weiter zu entwickeln. Für eine erfolgreichere *de novo* Domestikation in naher Zukunft war zunächst einmal eine Evaluation der in Europa verbreiteten Genotypen notwendig.

Material und Methoden

Das europäische Pflanzenmaterial stammt von europäischen botanischen Gärten und der Thüringischen Landesanstalt für Landbau. Die anderen Akzessionen wurden selbständig in den USA gesammelt. Die genomische DNS der Pflanzen wurde isoliert und via tunable Genotyping by Sequencing analysiert. Anhand der erhaltenden SNPs wurden Stammbäume kalkuliert (3). Für die Hybridisierungen wurden die Blüten zunächst kastriert und nach der Narbenreife der Pollen mit Pinzetten aufgetragen. Alle verwendeten Blüten waren gegen Fremdbestäubung geschützt. Die Testung neuer Akzessionen erfolgte am Campus Klein-Altendorf (3).

Ergebnisse und Diskussion

Die genetischen Analysen *via* Genotyping by Sequencing und Feldversuche zur Phänotypisierung verifizieren erstmalig den europäischen Genpool. Die Ergebnisse zeigen, wie ähnlich sich das in Europa zirkulierende Pflanzenmaterial auf genetischer Ebene ist. Nur die Population ukrainischer Herkunft zeigt intrinsisch eine einheitlich nahe Verwandtschaft (3). Um die für eine züchterische Bearbeitung notwendige genetische Diversität zu erreichen, wurden zwei Ansätze verfolgt:

1. Wurden die Hybridisierungsmöglichkeiten von *Silphium perfoliatum* mit weiteren Arten der Gattung getestet. Das Ergebnis war eine erstaunlich leichte Hybridisierung zwischen den verschiedenen Arten. Die F₁ Nachkommen zeigten, wie erwartet, ein phänotypisch intermediäres Verhalten.

2. Es wurde eine systematische Sammelreise in dem natürlichen Verbreitungsgebiet der Art in den USA durchgeführt. Es wurde die weltweit größte Sammlung an Akzessionen von *Silphium perfoliatum* zusammengetragen. Die neuen Akzessionen zeigen eine bisher unbekannte Vielfalt verschiedener neuer phänotypischer Eigenschaften und stellen somit eine gute Basis für eine *de novo* Domestikation dar. Die neuen Akzessionen wurden auch genetisch analysiert. Anhand eines Stammbaumes basierend auf SNPs, konnte das in Europa zirkulierende Material erstmalig bezüglich seiner historischen Herkunft eingeordnet werden und auch die gravierenden genetischen Unterschiede des neuen Materials zu den europäischen Akzessionen gezeigt werden.

Während die europäischen Genotypen auf nur eine einzige historische Einführung aus den USA zurückführbar sind, zeigen die neuen nativen Genotypen deutliche genetische und phänotypische Diversität. Basierend auf diesem neuen breiteren Genpool ist nun eine Selektion besonders vielversprechender Akzessionen möglich. Eine weitere Nutzungsmöglichkeit des Genpools ist die Entwicklung von Inzuchtlinien, welche neue und einheitliche F₁ Hybriden für *Silphium perfoliatum* möglich machen würden.

Literatur

- (1) David L. Van Tassel, Lee R. DeHaan and Thomas S. Cox; Missing domesticated plant forms: can artificial selection fill the gap?; *Evolutionary Applications* 434–452 (2010).
- (2) Guangfu Huang, Shiwen Qin, Shilai Zhang, Xiaolin Cai, Shukang Wu, Jinrong Dao, Jing Zhang, Liyu Huang, Dome Harnpichitvitaya, Len J. Wade and Fengyi Hu; Performance, Economics and Potential Impact of Perennial Rice PR23 Relative to Annual Rice Cultivars at Multiple Locations in Yunnan Province of China;
- (3) Christian Wever, Martin Höller, Lukas Becker, Andrea Biertümpfel, Johannes Köhler, Delphine van Inghelandt, Peter Westhoff, Ralf Pude and Elena Pestsova; Towards high-biomass yielding bioenergy crop *Silphium perfoliatum* L.: phenotypic and genotypic evaluation of five cultivated populations; *Biomass and Bioenergy* 124:102–113 (2019).
- (4) David L. Van Tassel, Kenneth A. Albrecht, James D. Bever, Arvid A. Boe, Yaniv Brandvain, Timothy E. Crews, Markus Gansberger, Pedro Gerstberger, Luciana González-Paleo, Brent S. Hulke, Nolan C. Kane, Paul J. Johnson, Elena G. Pestsova, Valentín D. Picasso Risso, Jarrad R. Prasifka, Damian A. Ravetta, Brandon Schlautman, Craig C. Sheaffer, Kevin P. Smith, Pablo R. Speranza, M. Kathryn Turner, Alejandra E. Vilela, Philipp von Gehren, and Christian Wever, Accelerating *Silphium* Domestication: An Opportunity to Develop New Crop Ideotypes and Breeding Strategies Informed by Multiple Disciplines, *Crop Sci.* 57:1–11 (2017).

Sorten- und Saatzeitdifferenzierung von Stangenbohnen beim Gemengeanbau mit Mais

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

Für die bedarfsgerechte Versorgung landwirtschaftlicher Nutztiere kann der gemeinsame Anbau von energiereichem Mais mit proteinreichen Bohnen dazu beitragen das Grundfutter aufzuwerten. Meist wird für den Gemengeanbau empfohlen die Bohnen erst in den Maisbestand zu säen, wenn dieser sich im 4-Blatt-Stadium befindet. Eine synchrone Aussaat beider Pflanzengattungen mit entsprechend angepasster Drilltechnik könnte den Arbeitsaufwand und Kosten reduzieren. Deshalb wird unter konventionellen Anbaubedingungen geprüft, inwiefern sich eine gleichzeitige Aussaat von Mais und Bohne im Vergleich zur späteren Saat der Bohne auf die Ertragsbildung und den Ertrag auswirkt.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsfeld in Braunschweig-Völkenrode (anlehmiger Sand, 30-35 Bodenpunkte) wurden in den Jahren 2016 bis 2018 die Bohnensorten Tarbais (TA) und Grünes Posthörnchen (GP) mit 6 Kö m⁻² gemeinsam mit Mais (Logo S230/K230, 8 Kö m⁻²) angebaut. Die Saatzeitpunkte der Bohnen fanden einerseits gemeinsam mit dem üblichen Maissaattermin (Anfang Mai, früh) und andererseits zum 4- bis 5-Blatt-stadium des Mais (Ende Mai/Anfang Juni, spät) statt. Jeweils in einem zweiten Arbeitsgang wurden die Bohnen ca. 15 cm alternierend im Abstand zur der Maisreihe abgelegt. Zusätzlich wurde zum frühen Saattermin mit der Bohnensorte Tarbais eine Aussaat beider Gemengepartner in einem Arbeitsgang durchgeführt (Mischung in der gleichen Saatreihe (Mischanbau), technisch kostengünstiger). Dabei wurde das angestrebte Saatmengenverhältnis von Mais und Bohne gemischt in die Drillaggregate gegeben, letztlich geschah die Verteilung des Saatgutes beider Pflanzengattungen in der Reihe dann zufällig. Als Kontrollvarianten diente Mais in Reinsaat mit der praxisüblichen Saatlösung von 11 Kö m⁻² als auch mit 8 Kö m⁻². Eine Behandlung zur Unkrautregulierung erfolgte kurz nach der Aussaat mit einem Gemisch von Stomp (2,8 l/ha) und Spectrum (1,4 l/ha). Zur Stickstoffversorgung wurden die Gemengeparzellen moderat mit 100 kg/ha Kalkammonsalpeter gedüngt, da Bohnen als Leguminose Luftstickstoff binden. Die Mais-Reinsaat erhielt praxisüblich 150 kg/ha. Der Bestand wurde nach Bedarf bewässert, die Ernte erfolgte zur Silierreife des Gemenges.

Ergebnisse und Diskussion

Die geplante Saatlösung konnte nach dem Feldaufgang in der Regel realisiert werden. Die Bohnen hatten gegenüber dem Mais eine längere Keimdauer von 2 bis 6 Tagen. Bei der späteren Saat der Bohnen war deren Keimphase im Vergleich etwa 4 Tage kürzer. Die in den Jahren verschiedenen Witterungsverhältnisse hatten insbesondere Auswirkungen auf die Abreife (Ernte: 21.09.2016, 04.10.2017, 05.09.2018). Aufgrund der zur Ernte geringeren TS-Gehalte der Bohne, liegen die TS-Gehalte im Gemenge entgegen der Maisreinsaat immer niedriger. Speziell in feucht-kühleren Jahren kann diese Reaktion für eine optimierte Silierreife je nach Standort zu mehr oder weniger beträchtlichen Ernteverzögerungen führen (Abb. 1). Die im Mittel der Versuchsjahre höchsten Trockenmasseerträge erzielten mit bis zu

218,8 dt ha⁻¹ die Maisreinsaaten (Abb. 1). Alle Gemengesaaten wiesen mit 163,4 bis 184,4 dt ha⁻¹ signifikant geringere Gesamterträge auf. Zurückzuführen ist dies auf die Bohne, die im Vergleich zum Mais kein gleichwertig ertragsliefernder Partner ist als auch auf deren Konkurrenzeffekte, welche sich mit Hilfe ihrer Ertragsanteile darstellen lassen. Die im Gemengeanbau auf die Gesamttrockenmasse bezogenen Bohnenanteile erreichten Werte zwischen 5,1 (Mais GP früh) und 15,1% (Misch TA früh, Abb. 1). Förderlich war die mit dem Mais gleichzeitig terminierte Aussaat der Bohnen. Signifikant höchste Anteile erzielten somit die frühen Saatvarianten, insbesondere mit TA. Folglich zeigte sich allerdings, dass damit ein höherer Rückgang des Maisertrages verbunden war, welcher von den Bohnen nicht kompensiert werden konnte und den Gesamtertrag bei diesen Varianten stärker absenkte. Die Mischvariante reagierte dabei am stärksten. Vermutlich gab es innerhalb der Saatreihe höhere Konkurrenzeffekte zwischen Mais und Bohne, die scheinbar Auslöser für den geringsten Gesamtertrag von 163,4 dt ha⁻¹ waren. Geringere Bohnenanteile im Bestand wirkten weniger absenkend auf den Gesamtertrag. Dieses betraf vor allem die Spätsaatvarianten der Bohne. Vergleichbare Beobachtungen machten Nurk et al. (2017). Dennoch sind mit Hinblick auf das Projektziel, den Rohproteingehalt aufzuwerten, eher höhere Bohnenertragsanteile mit möglichst hohem Kornansatz erwünscht. Begünstigt wurde der Kornansatz durch die Frühsaat der Bohnen und der Sorte. TA früh mit 6,0% erlangte gegenüber GP früh mit 2,5% mehr als den doppelten Kornanteil an der Gesamttrockenmasse.

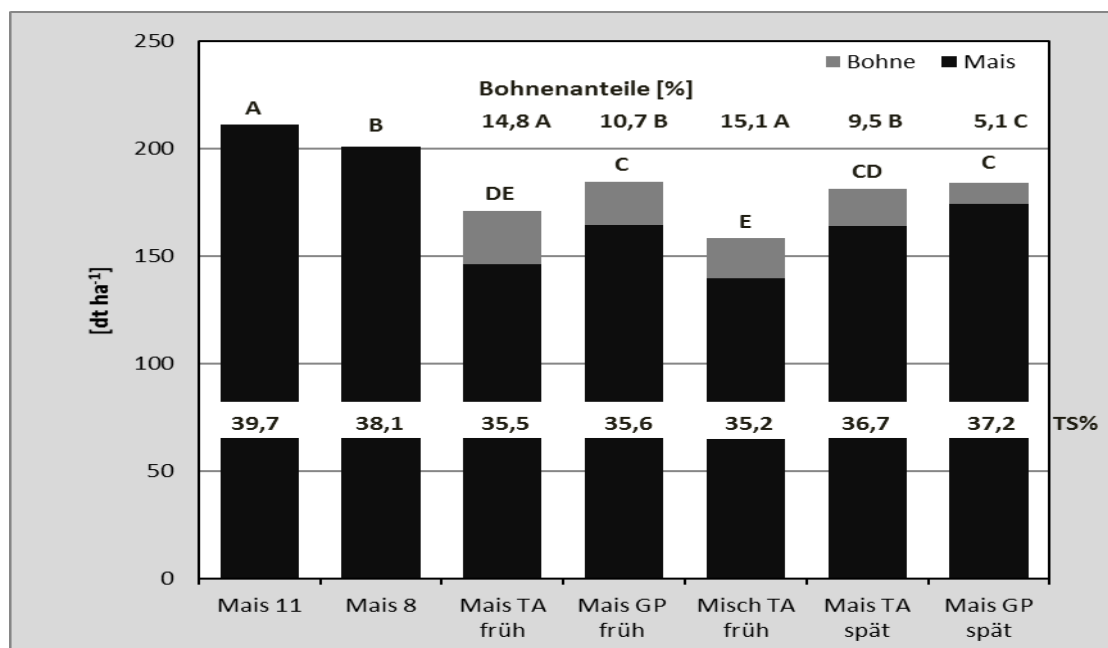


Abb. 1: Erträge, TS-Gehalte und Bohnenanteile des Mais-Stangenbohnen-Anbaus im Mittel, der Jahre 2016-2018 unterschiedliche Buchstaben = statistisch signifikante Unterschiede der Varianten ($p = 0,05$, Tukey-Test), keine Jahreseffekte, nur bei TS%

Literatur

Nurk L., Graß R., Pekrun C und M. Wachendorf, 2017. Effect of sowing method and weed control on the performance of maize (*Zea mays* L.) intercropped with climbing beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agriculture 2017, 7, 51; doi: 10.3390

Development of lodging-resistant and climate-smart rye – a contribution to a sustainable cereal production in marginal environments

Til Feike¹, Ashifur Rahman Shawon¹, Anne Kari Bergjord Olsen², Wendy Waalen², Jordan Harvie³, Hanna Haikka⁴, Ilme Tupits⁵, Ilmar Tamm⁵, Lorenz Kottmann¹, Siegfried Schittenhelm¹, Teija Tenhola-Roininen⁶, Elisabeth Zechner⁷, Franz Wiesner⁷, Monica Hanek⁸, Malgorzata Niewinska⁸, Dörthe Siekmann⁹, Franz Joachim Fromme⁹, Monica Baga¹⁰, Ravindra N. Chibbar¹⁰, Heinrich Grausgruber¹¹ and Bernd Hackauf¹

¹Julius Kühn-Institut, Germany, ²Norwegian Institute of Bioeconomy, Norway, ³Agriculture and Agri-Food Canada, Canada, ⁴Boreal Plant Breeding, Finland, ⁵Estonian Crop Research Institute, Estonia, ⁶Natural Resources Institute, Finland, ⁷Saatzucht LFS Edelhof, Austria, ⁸Danko Plant Breeding, Poland, ⁹HYBRO Saatzucht GmbH & Co. KG, Germany, ¹⁰University of Saskatchewan, Canada, ¹¹University of Natural Resources and Life Sciences, Austria. E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Motivation

Minor cereals like rye (*Secale cereale* L.) are increasingly lagging behind intensive wheat and barley production European and Canadian cropping systems. This development entails an ongoing reduction in agrobiodiversity. Anyhow, rye has great potential as a multipurpose cereal featuring high nutrient and water use efficiency as well as drought tolerance (Kottmann et al., 2015). Rye is known to have a highly developed root system and for its early vigour. As compared to wheat and barley, rye proved to be the most effective species, with a potential to reduce nitrate leaching by up to 93% at the field scale (Yeo et al. 2014). In rye, hybrid breeding is established and has experienced significant yield increases over the last decades (Laidig et al. 2017). However, lodging susceptibility, and quality deterioration constitute a continuous challenge (Braun et al., 2019).

The introgression of the gibberellin (GA)-sensitive dwarfing gene *Ddw1* allows to reduce plant height to improve lodging tolerance and harvest index in rye. While the gene is successfully used in several rye breeding programs for population varieties, its potential in hybrid breeding programs has yet not been exploited. Recent advances in the development of genetic markers (Braun et al., 2019), now allow marker-assisted selection for the precise introgression of *Ddw1* in elite inbred lines of the seed parent pool. As such it is possible to generate near-isogenic tall and semi-dwarf hybrids to evaluate the specific effects of the dwarfing gene on rye morphology, physiology and phenology.

Within the frame of the SusCrop ERA-NET co-funded call eleven partners from seven countries joined in the project RYE-SUS to take advantage of these unique opportunities to develop, test and model rye genotypes with novel plant architecture. The semi-dwarf rye genotypes will be characterized regarding their harvest-index, lodging-resistance, root morphology, drought tolerance and resource use efficiency, as well as increased resilience to climatic change.

Project goals

To improve and promote rye as a sustainable and healthy minor cereal in European and Canadian agriculture, RYE-SUS aims to

1. make use of hybrid breeding as a cutting edge technology of crop improvement and genome-based precision breeding to increase target-specific selection efficiency and accelerate breeding processes in rye,
2. develop new genotypes leading to improved lodging and drought tolerance,

3. proof the practical potential of genotypes with a novel plant architecture in target environments, which challenge rye cultivation by potentially growth-limiting factors such as drought, frost, or nutrient deficiencies,
4. minimize the risk of extremely toxic ergot alkaloids in the harvest,
5. exploit natural genetic diversity in adaptive traits and develop new molecular technologies which support niche range expansion of highly productive rye hybrids in cold climate ecosystems, and
6. develop and exploit a crop model to simulate the growth and development of rye under potentially growth-limiting factors as a tool to support novel integrated pest and crop management methods and practices

Crop modeling

Using available long-term multi-site experimental data of released tall rye varieties, an existing wheat model will be adapted for rye. Rye specific parameters will be adjusted, to account among others for an accelerated growth in spring, a high-performance root system, and stronger winter hardiness as compared to wheat. Geno- and phenotypic data generated by the RYE-SUS phenotyping platform including 18 sites for field testing across Northern Europe and Canada as well as three sites for root phenotyping will be available to consider the morpho-, physio- and phenological effects of the dwarfing gene in the model. Additionally, vernalization requirement and frost tolerance of semi-dwarf and tall genotypes will be determined by precision phenotyping in pot experiments to calibrate the FROSTOL model for rye (Bergjord Olsen et al., 2018), which can then be linked to the crop model.

Furthermore, dynamic QTL-effect modules will be developed to simulate specific crop characteristics as a function of QTL, E, and QTL x E, utilizing the recently described geno- and phenotypic data for a bi-parental mapping population (Hackauf et al., 2017). Finally, the validated model shall be employed to assess performance and sustainability (e.g., N-leaching, NUE) of semi-dwarf vs. tall genotypes at several sites under current and future climatic conditions.

References

- Bergjord Olsen, A.K., Persson, T., de Wit, A., *et al.* (2018) *J. Agr. Crop Sci.* (204), 62-73.
- Braun, E.-M., Tsvetkova, N., Rotter, B., *et al.* (2019) *Front. Plant Sci.* 10, 857.
- Hackauf, B., Haffke, S., Fromme, F.J., *et al.* (2017) *Theor. Appl. Gen.* 130, 1801-1817.
- Kottmann, L., Wilde, P., and Schittenhelm, S. (2015) *Europ. J. Agr.* 75, 25-32.
- Laidig, F., Piepho, H.P., *et al.* (2017) *Theor Appl Genet.* 130:981-998.
- Yeo, I.-Y., Lee, S., Sadeghi, A. M. *et al.* (2014) *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 18: 5239-5253.

TSI: Tool for Stability Indices

Tien-Cheng Wang^{1*}, Pierre Casadebaig², Harmut Stützel¹ and Tsu-Wei Chen¹

¹Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, Germany;

²INRA, UMR1248 AGIR, Castanet-Tolosan, France.

*E-Mail: tien.wang@gem.uni-hannover.de

Einleitung

A variety with stable and high yield performance across different environment is crucial for crop production, especially under the extreme climatic regimes. Here we present a user-friendly R-package, which calculates stability indices to evaluate the stability of crop variety performance under various environmental conditions or the stability of crop management systems.

Material und Methoden

This package was tested with 9100 virtual wheat genotypes simulated under 9000 environmental scenarios (Casadebaig et al. 2016). This dataset was used to calculate different statistical models of yield stability, including static, dynamic, regression, and non-parametric (Nassar and Huehn 1987).

Ergebnisse und Diskussion

Relationship of yield and different stability indices enable the screening of stable and high yield indices. Genotypic superiority measure index (Sehgal et al. 2017) was found significantly and negatively correlated with yield (correlation coefficient = -0.97). Characteristics and limitation of different stability indices were also discussed in this study. With the consideration of the effect from genetic and environmental factors, we further revealed the relationship between the physiological parameters and the final yield stability. Root absorption and radiation use efficiency parameters were found together explained 51 % of the variance in the stability index correlation coefficient.

Literatur

Casadebaig, Pierre; Zheng, Bangyou; Chapman, Scott; Huth, Neil; Faivre, Robert; Chenu, Karine (2016): Assessment of the potential impacts of wheat plant traits across environments by combining crop modeling and global sensitivity analysis. In *PLoS One* 11 (1), e0146385.

Nassar, R.; Huehn, M. (1987): Studies on estimation of phenotypic stability: Tests of significance for nonparametric measures of phenotypic stability. In *Biometrics*, pp. 45–53.

Sehgal, Deepmala; Autrique, Enrique; Singh, Ravi; Ellis, Marc; Singh, Sukhwinder; Dreisigacker, Susanne (2017): Identification of genomic regions for grain yield and yield stability and their epistatic interactions. In *Scientific reports* 7, p. 41578.

Wie können wissenschaftliche Ergebnisse einer Betriebsbefragung im Zuckerrübenanbau für die Allgemeinheit aufbereitet werden?

Kerrin Trimpler und Christel Roß

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

Einleitung

Bei der Darstellung komplexer Themen für bestimmte Zielgruppen begeben sich WissenschaftlerInnen auf eine Gratwanderung zwischen der Vereinfachung der Daten und der Wahrung der Guten Wissenschaftlichen Praxis. Anhand von Ergebnissen zu Bodenbearbeitung und Biodiversität werden verschiedene Darstellungsformen gegenübergestellt.

Material und Methoden

Als Datengrundlage dienen Ergebnisse aus einer Betriebsbefragung unter Zuckerrüben anbauenden Betrieben in den Jahren 2010-2017 (Stockfisch et al., 2013).

Ergebnisse und Diskussion

Beispiel Bodenbearbeitung: Auf den Zuckerrübenslägen im Bundesgebiet nahm der Anteil der Mulchsaatflächen in den Jahren seit 1994 von 11 % auf 61 % zu, während gepflügte Flächen von 89 % auf unter 40 % sanken (Abb. 1 und 2).

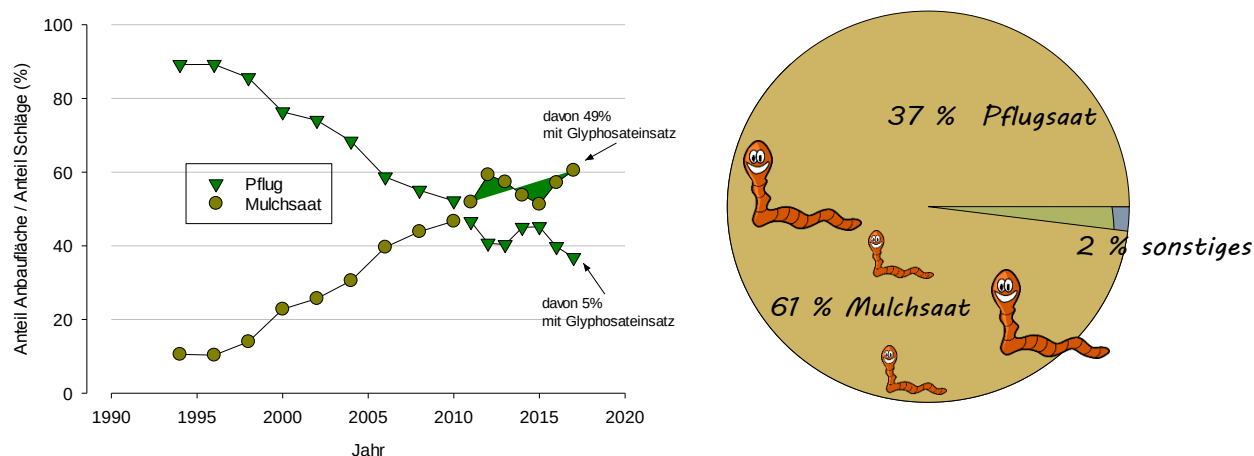


Abb. 1 und 2: Ergebnisse aus einer Expertenschätzung (1994-2010, geschätzte Anbaufläche) kombiniert mit Ergebnissen aus der Betriebsbefragung (seit 2010, jährlich über 300 Betriebe, Angaben für den größten Schlag im Betrieb)

Abb. 2 zeigt dabei eine leicht zu erfassende Form der Darstellung, die unterhalten soll. Die lächelnden Regenwürmer, deren erhöhtes Vorkommen auf Mulchsaatflächen nachgewiesen ist (Marwitz et al., 2014), hinterlegen die wissenschaftlich korrekte Aussage mit einer positiven Bewertung. Der vielfach kritisierte vermehrte Einsatz von Glyphosat auf gemulchten Flächen (Abb. 1) wird nicht benannt. Das Thema Bodenbearbeitung wird also nicht in seiner Komplexität erfasst. Beispiel Biodiversität: 64 % der befragten Betriebe führten in ihrem Betrieb mindestens eine biodiversitätsfördernde Maßnahme durch (Abb. 3).

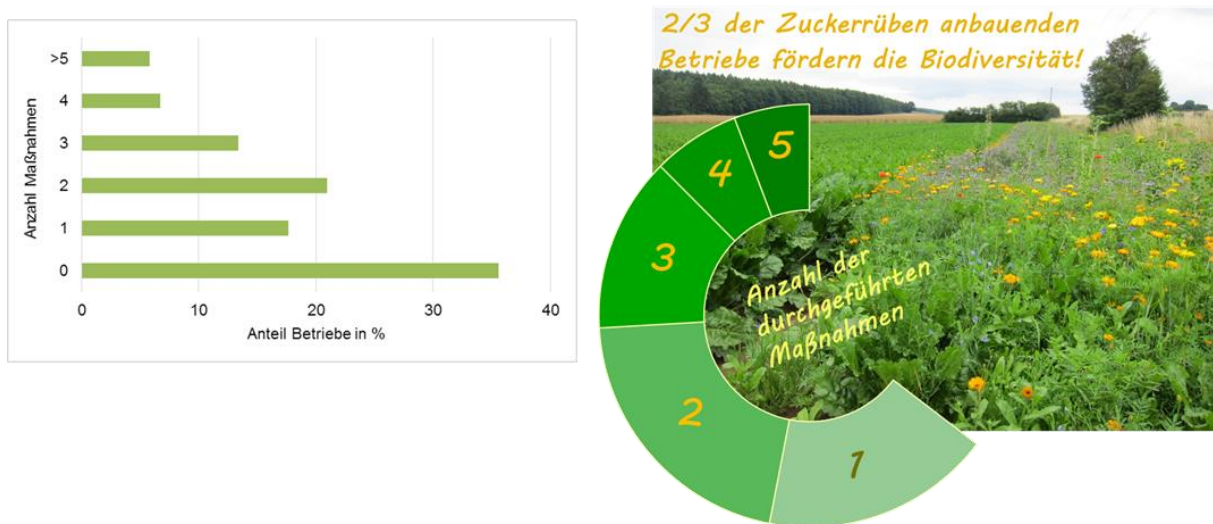


Abb. 3 und 4: Anteil der Betriebe und die von ihnen durchgeführte Anzahl biodiversitätsfördernder Maßnahmen auf den Betrieben der Betriebsbefragung (2017).

Über ein Drittel der befragten Betriebe gab an keine Maßnahmen durchzuführen, was in Abb. 4 nicht explizit erwähnt ist. Der Fokus wird hier, untermalt mit entsprechendem Foto und Slogan, auf die als positiv zu bewertende Biodiversitätsförderung gelenkt.

Eine Aufgabe von Wissenschaft ist es auch, Ergebnisse zu kommunizieren. Bei Darstellungen für bestimmte Zielgruppen ist eine Kommunikation über Vermittelnde (siehe Beitrag Roß und Trimpler in diesem Band) sinnvoll. Darstellungen dürfen und müssen hierfür vereinfacht werden. Eine Herausforderung liegt darin, Themen trotzdem komplex und umfassend genug zu erläutern und keine entscheidenden Sachverhalte zu verbergen. Es ist stets auf die Wahrung der Guten Wissenschaftlichen Praxis zu achten.

Literatur

- Marwitz, A.; Ladewig, E.; Märländer, B. (2014): Response of soil biological activity to common herbicide strategies in sugar beet cultivation. In: *European Journal of Agronomy* 54, S. 97–106. DOI: 10.1016/j.eja.2013.12.003.
- Scharrer, L.; Rupieper, Y.; Stadtler, M.; Bromme, R. (2017): When science becomes too easy: Science popularization inclines laypeople to underrate their dependence on experts. In: *Public understanding of science* 26 (8), S. 1003–1018. DOI: 10.1177/0963662516680311.
- Stockfisch, N.; Gallasch, M.; Reineke, H.; Trimpler, K.; Mielke, C.; Reiners, M. et al. (2013): Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten

Wissenschaftskommunikation zwischen Objektivität und Emotionen

Christel Roß und Kerrin Trimpler

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

Einleitung

WissenschaftlerInnen, die ihre Ergebnisse außerhalb ihrer wissenschaftlichen Gemeinschaft kommunizieren, begeben sich in ein Spannungsfeld zwischen einer eher unterhaltsamen Art der Informationsvermittlung, die für Verständlichkeit und Interesse sorgen soll, und der wissenschaftlichen Rationalität und Objektivität (Ziegler 2019). Am Institut für Zuckerrübenforschung beschäftigt uns dieser Zwiespalt regelmäßig bei der Aufbereitung von Ergebnissen aus einer deutschlandweiten Betriebsbefragung (Stockfisch et al. 2013), die zur Veröffentlichung in unterschiedlichen Formaten (z.B. Flyer, beratungsbezogene Fachzeitschriften) genutzt werden.

Material und Methoden

Um die passende Kommunikationsform für uns zu finden, wurden verschiedene Darstellungen zu Beispielthemen im Hinblick auf ihre Wirkung und Aussage diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion

Abb.1 zeigt den durchschnittlichen Zuckerertrag in den Jahren 2010-2017. Diese wissenschaftliche Darstellung zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Jahren. Es kann kein allgemein ansteigender Trend gezeigt werden. Allerdings könnten steigende Erträge interpretiert werden, die höheren Balken liegen tendenziell in den späteren Jahren. Wissenschaftliche Fakten sind, herausgelöst aus ihrem wissenschaftlichen Kontext und der begleitenden wissenschaftlichen Diskussion anfällig für Missinterpretation (Mooney 2011). Hat jemand eine festgelegte Meinung, werden alle weiteren Informationen oft in diese Richtung interpretiert (Mooney 2011). In Abb.2 wurden die Zuckererträge, hier steigend, weil sie über einen längeren Zeitraum dargestellt wurden, mit einem emotionalen Thema verknüpft. Die Bilder können dazu beitragen, dass die technische Größe Ertrag positiv wahrgenommen wird. Allerdings muss man aufpassen emotional verankerte Vorstellungen des Betrachtenden nicht anzugreifen. Es kann zu Abwehrreaktionen und dann zur Festigung der vorhandenen Vorstellungen kommen (Mooney 2011). Vorgetäuschte Einfachheit eines eigentlich komplexen Sachverhalts kann zur Überschätzung des eigenen Wissens bei den Konsumierenden führen (Scharer et al. 2017). Um sowohl falsch eingesetzter Bilder, als auch Missverständnisse und Desinteresse zu vermeiden, scheint uns die beste Art der Kommunikation über Zielgruppen spezifische VermittlerInnen zu sein. Diese sind eng mit der Zielgruppe verbunden oder stammen aus ihr und haben zusätzlich eine positive Haltung und ein gutes Verständnis gegenüber Wissenschaft. Eine enge Zusammenarbeit von WissenschaftlerInnen und VermittlerInnen hilft dabei, Zielgruppen geeignete Darstellungen zu wählen sowie Verfälschung und Vereinfachung zu vermeiden. Vorurteile von beiden Seiten können abgebaut werden und Wissenschaft kann, soweit wie möglich, eine gesellschaftlichen Diskussion über moderne Landwirtschaft mit wissenschaftlichen Ergebnissen begleiten.

Literatur

Mooney, C. (2011): The Science of why we don't believe Science. How our brains fool us on climate, creationism, and the vaccineautism link. In Mother Jones.

Scharrer, L. et al. (2017), When science become too easy: Science popularization inclines laypeople to underrate their dependence on experts. In: Public understanding of science 26 (8), S. 1003-1018

Stockfisch, N. et al (2013), Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten, Sugar Industry 138 (10), 656-663

WVZ (1986-2018): Jahresbericht. Hg. v. WVZ. Berlin

Ziegler, R. (2019): Leidenschaftlich für die Leidenschaftslosigkeit. Verfügbar unter <https://wissenschaftskommunikation.de/leidenschaftlich-fuer-die-leidenschaftslosigkeit-24102/>.

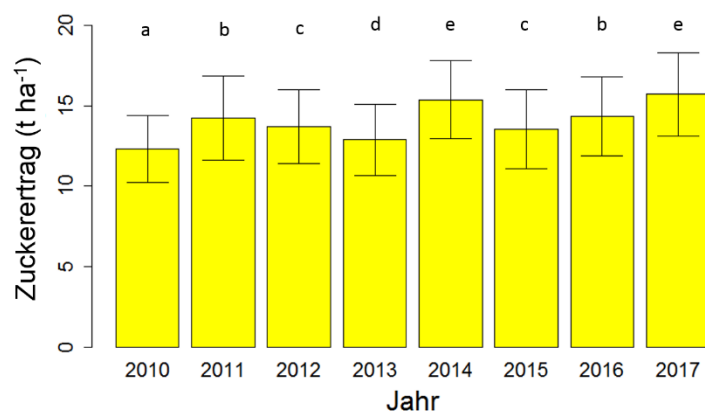


Abb.1: Zuckererträge in Deutschland in den Jahren 2010-2017, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau 2010-2017.

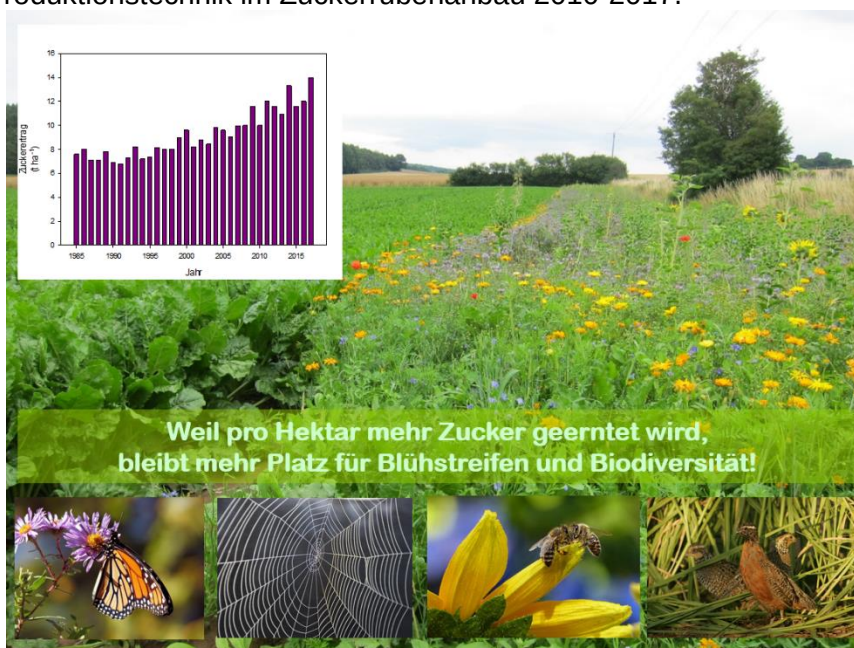


Abb.2: Steigende Erträge im Zuckerrübenanbau ermöglichen zusätzliche Biodiversitätsflächen und unterstützen damit die Artenvielfalt (Entwicklung der Zuckererträge seit 1985 in Deutschland nach WVZ)

SOILAssist – Nachhaltige Sicherung und Verbesserung von Bodenfunktionen durch intelligente Landbewirtschaftung – Ein Echtzeit-Assistenzsystem für die Praxis

Marco Lorenz¹, M. Siekmann¹, J. Brunotte¹, B. Osterburg¹, A. Jacobs¹, S. Ledermüller¹, S. Lemke¹, R. Duttmann², M. Kuhwald², K. Augustin², F. Lindenstruth², J. Hertzberg⁴, K. Lingemann³ und T. Wiemann⁴

¹Thünen-Institut, Braunschweig; ²Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ³Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz, Bremen/Osnabrück; ⁴Universität Osnabrück.
E-Mail: anna.jacobs@thuenen.de

Einleitung

Zunehmende Größe und Masse landwirtschaftlicher Maschinen, Verschiebungen in Befahrungsterminen (z. B. Gülleausbringung im Frühjahr) und steigender ökonomischer Zwang in Richtung Maschinenauslastung kann bei Befahrung insbesondere von nassem Boden zu Schäden in Bodenstruktur und -funktionalität führen. SOILAssist ist ein interdisziplinäres Forschungsprojekt, das den landwirtschaftlichen Bodenschutz bei der Befahrung von Ackerflächen ganzheitlich untersucht. Ziel ist es, negative Veränderungen des Bodens bei Befahrung in der landwirtschaftlichen Praxis durch Optimierung von Logistik, Maschinenspezifikation und Bearbeitungspraktiken zu vermeiden bzw. frühzeitig zu erkennen.

Material

In neun Arbeitspaketen werden bodenkundliche, pflanzenbauliche, sozio-ökonomische, gesellschaftswissenschaftliche und informationstechnologische Aspekte bearbeitet. Die wesentlichen Schwerpunkte sind

- Feld- und Laboranalysen auf vollfaktoriellen Feldversuchen sowie Praxisflächen zur Bestimmung von Bodenverdichtung
- Modellierung von Befahrungsintensitäten und Verdichtungseffekten auch auf regionaler Skalenebene
- Entwicklung einer Entscheidungsmatrix zur Befahrbarkeit von Böden
- Spektral- und Bildverarbeitung zur Identifizierung von Kulturpflanzensignalen zur Ableitung von Verdichtungsmustern
- Ermittlung von Ertragseffekten durch Bodenverdichtung
- Ableitung sozioökonomischer Effekte, insbes. Kosten, von Bodenverdichtung und alternativen Managementoptionen
- Erhebung von Soll- und Istzustand des Wissenstransfers bezüglich Bodenverdichtung und alternativen Managementoptionen
- Erfassung der gesellschaftlichen Akzeptanz von innovativen Maßnahmen und Technologien bei der Befahrung von Böden
- Entwicklung eines Assistenzsystems für Feldbefahrungen mit mehreren kooperativen Maschinen inkl. geometrischer Umgebungsdarstellung

Ergebnisse

Entwickelt werden Entscheidungshilfen für die praktische Landwirtschaft sowie Bildung und Beratung. Dies beinhaltet Handlungsempfehlungen und Lehrmaterial für Praxis, Landwirtschafts- und Politikberatung und ein Planungssystem, das Landwirtinnen und Landwirten eine Entscheidungsunterstützung für ein vorausschauendes, bodenschonendes Management bietet und mögliche ökonomische Effekte darstellt. Finales Produkt ist ein anwendbares und akzeptiertes

Echtzeit-Assistenzsystem, das optimierte Maschinenparameter und Fahrtrouten vorschlägt und mögliche negative Bodenveränderungen anzeigt.

Veröffentlichungen

- Kuhwald, M., Blaschek, M., Brunotte, J., and Duttmann, R. (2017) Comparing soil physical properties from continuous conventional tillage with long-term reduced tillage affected by one-time inversion. *Soil Use and Management* 33(4), 611-619.
- Kuhwald, M., Blaschek, M., Minkler, R., Nazemtseva, Y., Schwanebeck, M., Winter, J., Duttmann, R. (2016) Spatial analysis of long-term effects of different tillage practices based on penetration resistance. *Soil Use and Management* 32 (2), 240-249.
- Kuhwald, M., Dörnhöfer, K., Oppelt, N., Duttmann, R. (2018) Spatially Explicit Soil Compaction Risk Assessment of Arable Soils at Regional Scale: The SaSCiA-Model. *Sustainability* 2018, 10(5), 1618.
- Ledermüller, S., Lorenz, M., Brunotte, J., Fröba, N. (2018) A Multi-Data Approach for Spatial Risk Assessment of Topsoil Compaction on Arable Sites. *Sustainability* 2018, 10(8), 2915.
- Lorenz, M., Brunotte, J., Vorderbrügge, T., Brandhuber, R., Koch, H.-J., Senger, M., Fröba, N., Löpmeier, F.-J. (2016) Anpassung der Lasteinträge landwirtschaftlicher Maschinen an die Verdichtungsempfindlichkeit - Grundlagen für ein bodenschonendes Befahren von Ackerland. *Applied Agricultural and Forestry Research* 66(2),101-104.
- Stock, S., Lingemann, K., Hertzberg, J. (2016) Towards a flexible hybrid planner for machine coordination in arable farming. In: A. Ruckelshausen et al. (eds.): *Informatik in der Land-, Forst- und Ernährungswirtschaft. Referate der 36. GIL-Jahrestagung*, Osnabrück, Feb 22-23, pp. 205-208.

Danksagung

Gefördert vom Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der Förderinitiative BonaRes – Boden als nachhaltige Ressource für die Bioökonomie (FKZ: 031B0684A-C).

Gefährden Wetterextreme und intensiver Feldverkehr Bodenfunktionen und Erträge? Vergleich unterschiedlicher Felder anhand des Managements und der Weizenerträge

Maike Siekmann¹, Anna Jacobs², Marco Lorenz¹ und Joachim Brunotte¹

¹Thünen-Institut, Institut für Agrartechnologie, Braunschweig; ²Thünen-Institut, Stabsstelle Boden, Braunschweig. E-Mail: anna.jacobs@thuenen.de

Einleitung

Die Größe und Gesamtmasse landwirtschaftlicher Maschinen haben in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zugenommen. Hohe Radlasten in Kombination mit einer erhöhten Überrollanzahl können besonders bei feuchten Bodenverhältnissen negative Auswirkungen auf die Bodenstruktur und die vielfältigen Bodenfunktionen haben, was zu Ertragsrückgängen in der Folgefrucht führen kann (Håkansson, 1994; Alakukku et al., 2003; Schjønning et al., 2015). Die Erntemonate September bis November 2017 waren von hohen Niederschlägen und Bodenfeuchten im Bereich der Feldkapazität geprägt. Da teure Erntemaschinen hohe Auslastungsgrade erfordern und die Zeitfenster für eine bodenschonende Befahrung sehr klein waren, war diese nicht immer möglich. Der Sommer 2018 war durch eine anhaltende Dürreperiode gekennzeichnet. In Kombination mit den zur Ernte von Zuckerrüben und der Aussaat von Winterweizen herrschenden Bodenbedingungen im Herbst 2017 führte diese zu einem z.T. erheblichen Ertragsrückgang im Winterweizen in 2018.

Material und Methoden

Die Untersuchung fand im Rahmen des Projektes SOILAssist im Juli 2018 im südlichen Niedersachsen, in Adenstedt statt. Der Bodentyp war ein Stagnic Luvisol aus Löss. Auf sieben unterschiedlich bewirtschafteten Flächen (A1–A7) wurden im Kernfeld Quadratmeterhanderten ($n = 5$) von Winterweizen durchgeführt sowie die Anzahl der Ähren bestimmt. Im Anschluss wurden die Proben gedroschen, getrocknet sowie der Weizenertrag und das Hektolitergewicht bestimmt. Während der Zuckerrübenernte im Herbst 2017 herrschten auf den Flächen unterschiedliche Befahrungsbedingungen. Die Landwirte, die für die Bewirtschaftung der Flächen zuständig waren, wurden befragt, wie sie die Befahrbarkeit ihrer Flächen während der Zuckerrübenernte 2017 einschätzen würden. Die Felder A1, A3 und A7 wurden als gut befahrbar eingestuft, während A2 und A4–A6 als schlecht befahrbar bewertet wurden. Auf diesen Feldern gaben die Landwirte an, dass der Boden für die Befahrung mit dem Zuckerrübenroder zu feucht war.

Ergebnisse und Diskussion

Die verschiedenen Felder wiesen große Unterschiede im Ertrag ($79\text{--}108\text{ dt ha}^{-1}$) auf. Der mittlere Winterweizenertrag für Niedersachsen lag im Jahr 2018 bei $70,5\text{ dt ha}^{-1}$ (BMEL, 2018). Besonders auffällig waren die zwei direkt nebeneinanderliegende Felder A3 und A4. Es wurde ein signifikanter Ertragsunterschied festgestellt. Auf A3 wurden 108 und auf A4 79 dt ha^{-1} Winterweizen geerntet. Auf A4 wurde die Vorfrucht Zuckerrübe im Herbst 2017 unter sehr feuchten Bedingungen geerntet. Auf A3 hingegen fand die Ernte eine Woche später bei deutlich trockeneren Bedingungen statt. Der Weizenertragsrückgang nach Vorfruchternte unter sehr feuchten Bedingungen betrug $> 25\%$.

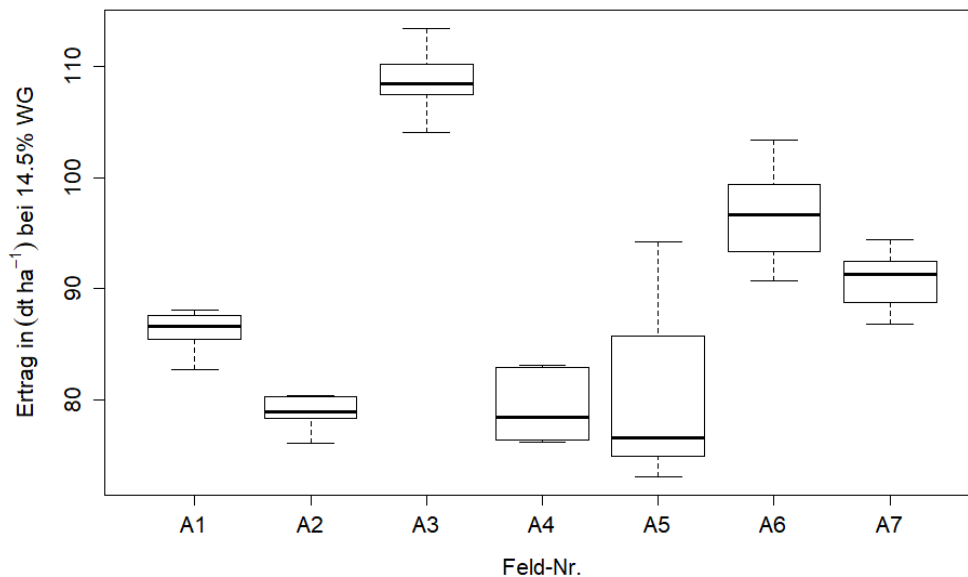


Abb. 1: Ergebnisse der Quadratmeterhandernte. Winterweizenerträge bei 14.5% Wassergehalt in (dt ha^{-1}) der Felder A1–A7 ($n = 5$).

Der signifikante Ertragsunterschied kann auf das unterschiedliche Management der Landwirte sowie die kurzfristige Anpassung des Managements (z.B. auf Feld A3) zurückgeführt werden. Der Landwirt von Feld A4 setzte bei sehr feuchten Bedingungen und damit verdichtungsanfälligem Boden schwere landwirtschaftliche Maschinen ein. Durch die Befahrung mit dem Rübenroder im Herbst 2017 kam es zu Bodenstruktur- und Bodenfunktionsänderungen auf Feld A4. Der Landwirt von Feld A3 führte die Ernte der Zuckerrüben durch, als der Boden trockener und stabiler und damit weniger bodenverdichtungsanfällig war.

Eine durch Bodenverdichtung hervorgerufene Beeinträchtigung der Bodenfunktionen durch landwirtschaftlichen Feldverkehr kann zu einem Ertragsrückgang führen. Aufgrund der zunehmenden Variabilität des Wetters und einer damit einhergehenden Zunahme an Extremwetterereignissen werden Landwirte in Zukunft stärker darauf angewiesen sein, ihr Management kurzfristig an die Wetter- und Bodenverhältnisse anzupassen, um stabile Ernten und eine maximale Bodenschonung zu erreichen.

Literatur

Alakukku, L., Weisskopf, P., Chamen, W. C. T., Tijink, F. G. J., Van der Linden, J. P., Pires, S., Sommer, C. & Spoor, G. 2003. Prevention strategies for field traffic-induced subsoil compaction: a review. *Soil and Tillage Research*, 73, 145-160.

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2018): Qualitätsuntersuchungen im Rahmen der Besonderen Ernte- und Qualitätsermittlung (BEE) 2018, 68 p.

Håkansson, I. 1994. Subsoil compaction caused by heavy vehicles - a long-term threat to soil productivity. *Soil and Tillage Research*, 29, 105-110.

Schjønning, P., Van den Akker, J. J. H., Keller, T., Greve, M. H., Lamandé, M., Simojoki, A., Stettler, M., Arvidsson, J. & Breuning-Madsen, H. 2015. Driver-Pressure-State-Impact-Response (DPSIR) Analysis and Risk Assessment for Soil Compaction—A European Perspective. *Advances in Agronomy*, 133, 183-237

Kurzfristige Auswirkungen differenzierter Bodenbearbeitungsintensität auf die physikalischen Bodeneigenschaften und den Ertrag bei Sommergerste im mitteldeutschen Lössrockengebiet

Julia Pöhlitz¹, Jan Rücknagel¹, Steffen Schlüter², Hans-Jörg Vogel² und Olaf Christen¹

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg/Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Halle (Saale); ²Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung/Department Bodenphysik, Halle (Saale).
E-Mail: julia.poehlitz@landw.uni-halle.de

Einleitung

Im Agrar- und ernährungswissenschaftlichen Versuchszentrum (AEVZ) Merbitz wurde im Januar 2018 ein Bodenbearbeitungsversuch mit den Bodenbearbeitungsvarianten Pflug, Grubber und Zweischichtpflug auf einer klassischen Schwarzerde aus Löss angelegt. Die Besonderheit des Versuchsstandortes besteht darin, dass es sich um einen Standort im Mitteldeutschen Trockengebiet handelt. Gleichzeitig befindet sich der Versuch am unteren Ende eines leicht geneigten Hanges an dem es in feuchteren Jahren zu Staunässe kommen kann. Ziel des Versuches war es die kurzfristige Wirkung unterschiedlicher Bodenbearbeitungssysteme auf die Ausbildung der Bodenstruktur sowie die dadurch bedingte Ertragsbildung an diesem besonderen Standort zu untersuchen.

Material und Methoden

Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 460 mm und die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur 9.5 °C. Bei der Bodenart handelt es sich um einen schluffigen Lehm. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage in dreifacher Wiederholung angelegt. Die Fruchtfolge ist Sommergerste–Winterraps–Winterweizen–Mais. Es fand ein praxisüblicher Einsatz von Pflanzenschutzmitteln statt. Im April 2018 wurden im Sommergerstenbestand ungestörte Stechzylinderproben in drei Tiefen (7-13 cm, 17-23 cm und 32-38 cm) in jeweils fünffacher Wiederholung entnommen. An den Proben wurden bodenphysikalische (Trockenrohdichte, gesättigte Wasserleitfähigkeit, Luftkapazität, nutzbare Feldkapazität) als auch computertomographische (Makroporosität und Porenkonnektivität nur in 7-13 cm) Parameter bestimmt. Nach der Messung am Computertomographen (CT) fand die Bildbearbeitung in ImageJ zur Berechnung der Parameter Makroporosität und Porenkonnektivität statt. Zudem wurden pflanzenbauliche Parameter (Ertrag, ährentragende Halme, Tausendkorngewicht, Körner je Ähre, Proteingehalt) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Das erste Versuchsjahr zeigte vielfältige signifikante Unterschiede zwischen den Bodenbearbeitungsvarianten (Abb. 1). Auffällig ist, dass trotz signifikant niedriger Luftkapazitäten und höherer Trockenrohdichten ausreichend gute nutzbare Feldkapazitäten erreicht wurden. Zweischichtpflug zeigte die optimalsten Werte aller Parameter. Bei den pflanzenbaulichen Parametern gab es keine signifikanten Unterschiede. Jedoch sind die Erträge für diesen Standort trotz der überwiegenden Trockenheit im Erntejahr 2018 verhältnismäßig hoch ausgefallen (Tab. 1).

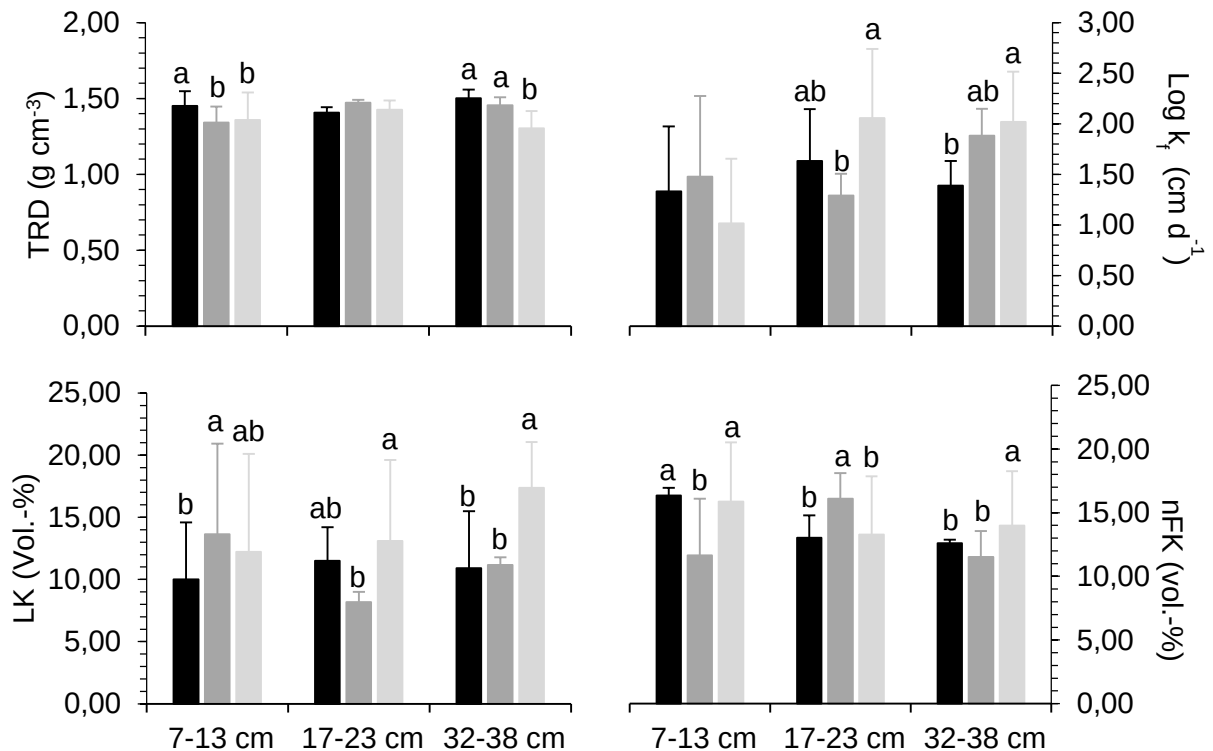
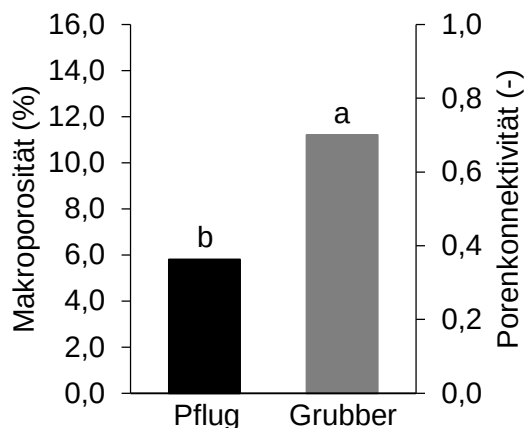


Abb. 1: Trockenrohdichte (TRD), gesättigte Wasserleitfähigkeit (k_f), Luftkapazität (LK) und nutzbare Feldkapazität (nFK) der Bodenbearbeitungsvarianten Pflug (schwarz), Grubber (grau) und Zweischichtpflug (hellgrau) in 7-13 cm, 17-23 cm und 32-38 cm Tiefe. Signifikante Unterschiede ($p < 0.005$) zwischen den Varianten innerhalb einer Tiefe sind in Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Tab. 1: Ergebnisseder pflanzenbaulichen Parameter von Sommergerste im Erntejahr 2018 bei den unterschiedlichen Bodenbearbeitungsverfahren ($\pm$ entspricht der Standardabweichung). Es gab keine signifikanten Unterschiede.

	Pflug	Grubber	Zweischichtpflug
Ertrag (dt ha ⁻¹)	75±5	79±5	76±3
ährentragende Halme (m ²)	1156±29	1207±150	1109±20
TKG (g)	43.6±1.47	45.9±2.22	43.7±3.51
Körner je Ähre	15±1	14±2	16±1
Proteingehalt (%)	13.90±0.24	13.97±0.34	14.37±0.26



Bei den morphologischen Eigenschaften des Porenraumes sind erste differenzierte Ausprägungen der Bodenstruktur in Ab-hängigkeit der Bodenbearbeitung zu er-kennen. Grubber besitzt eine signifikant höhere Makroporosität als auch Porenkon-nektivität im Vergleich zu Pflug (Abb. 2). Diese Strukturmerkmale sind zukünftig für die Qualität der Bodenstruktur von großer Bedeutung und bestimmen Luft - und Wassertransportzugänge, Widerstände bei der Erschließung des Wurzelraumes sowie hydraulische Bodeneigenschaften.

Abb. 2: Makroporosität und Porenkonnektivität der Bodenbearbeitungsvarianten Pflug (Schwarz) und Grubber (grau) in 7-13 cm Tiefe. Signifikante Unterschiede ($p < 0.005$) sind in Kleinbuchstaben gekennzeichnet.

Impacts of tillage, irrigation and irrigation treatments on soil characteristics from a 10-year field study from 2008 – 2017 in Müncheberg, Germany

Thanh Hien Huynh^{1,2,3}, J. Hufnagel², Angelika Wurbs²
and Sonoko D. Bellingrath-Kimura^{1,2}

¹Department of Crop and Animal Sciences, Albrecht Daniel Thaer-Institute of Agricultural and Horticultural Sciences, Faculty of Life Science, Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin; ²Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg; ³Department of Land and Real Estate Economics, Faculty of Land and Real Estate Management, Nong Lam University, Linh Trung Ward, Thu Duc District, Hochiminh City, Viet Nam. E-Mail: thanh-hien.huynh@zalf.de

Introduction

Soil properties vary across farm fields, causing spatial variability (Mzuku *et al.*, 2005; Verhulst *et al.*, 2008). Crop diversification, soil tillage, and extreme irrigation often create unsuitable changes in soil quality (Kilic *et al.*, 2012, Ali *et al.* 2018), then strongly influence the spatial variability of soil properties. Large annual variations in weather pattern (e.g., temperature, precipitation, etc.) may result in temporal changes in the soil properties. The study aims to fulfill the gap in knowledge of the impacts of tillage, irrigation and irrigation treatments on sandy soil properties based on a 10-year long term field study from 2008 - 2017 in Müncheberg, Germany.

Material and Methods

An experimental field was drought and sandy soil with 3 replications, 3 management factors: No-tillage (NT) and plow (PT); irrigation (Irri), rainfed (Rfed); and continuous silage maize (CMaiz), 4-year crop rotation (4ZCR). The 4-year crop rotation includes silage maize – winter rye/ forage sorghum – winter triticale – Lucerne. Soil samplings were taken within 90 cm of soil depth in 2011, 2015, 2016 and 2017 before seeding times for testing mineral nitrogen (N kg/ha), soil moisture (H₂O %), carbon (C %), phosphorus (P mg/100g soil), potassium (K mg/100g soil), magnesium (Mg mg/100g soil) and pH KCL. There are 21 Generalized Linear Mixed Models were applied on 7 different soil properties at three different soil depths to explore the treatment effects.

Results and Discussion

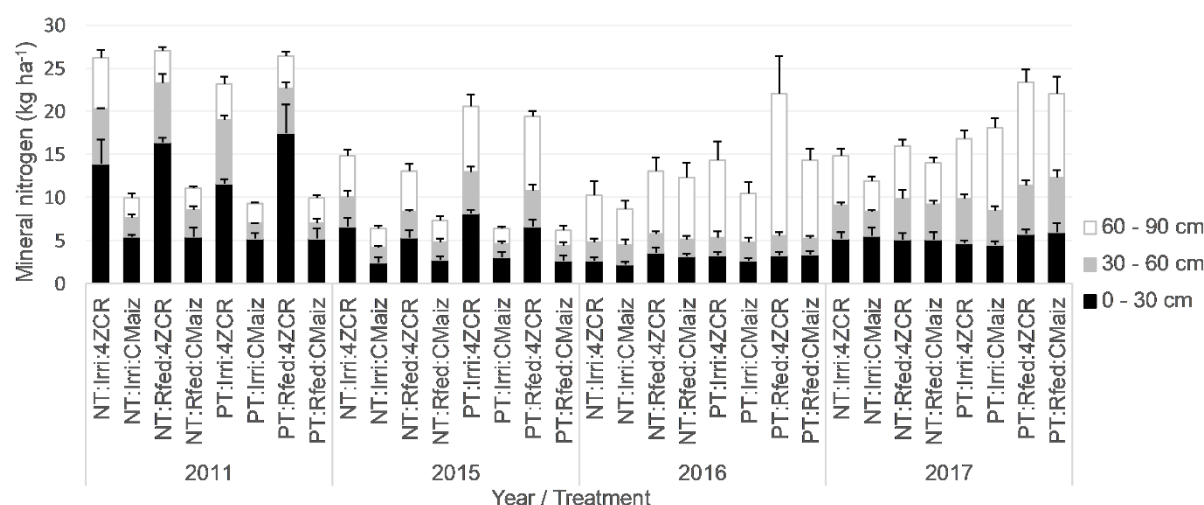


Figure 1. Annual N (kg/ha) under the different treatments of tillage, irrigation and crop rotation at three soil depths: 0 – 30 cm, 30 – 60 cm and 60 – 90 cm.

There were significant differences in N between treatments of tillage, irrigation and rotation within 90 cm (Figure 1). Generally, N was likely higher from PT than PT, but the opposite trend in 2011. Rfed plots had higher N than from Irri plots except for an abnormal case in 2015. There was a clear pattern that N was significantly higher from 4ZCR than CMaiz over years. The study also found that other soil characteristics significantly varied from different soil depth, tillage, irrigation and rotation treatments, and being strongly influenced by annual weather pattern.

Table 1. Influence of tillage, irrigation, and rotation on soil characteristics based on Generalized Linear Mixed Models for repeated measurements of 10-year field study

Factors	0 – 15 cm							15 – 30 cm							30 – 60 cm						
	N	H ₂ O	C	P	K	Mg	pH	N	H ₂ O	C	P	K	Mg	pH	N	H ₂ O	C	P	K	Mg	pH
Tillage	***	***	***	*	**	**	ns	ns	ns	***	ns	*	ns	***	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Irrigation	ns	ns	ns	ns	ns	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	ns	***	ns	ns	ns	ns	***	**	ns
Rotation	***	ns	***		*	ns	ns	***	ns	ns	ns	*	.	***	*	**	ns	ns	***	ns	**

*Significant codes: '***' 0.001; '**' 0.01; '*' 0.05; '.' 0.1; 'ns' non-significant*

Soil characteristics in the test region with high water stress and sandy soil. Tillage treatment had a significant effect on almost observed soil characteristics within 15 cm except for pH at the 95% confidence interval (CI). Tillage was still significant at C, K at 15 – 30 cm while there is no significant influence at 30 – 60 cm (Table 1). Irrigation was non-significant in most soil characteristics within 60 cm except for pH at 0 – 30 cm, K at 15 – 60 cm, and Mg at 30 – 60 cm. The impact of crop rotation was varied over the soil depths, in which N and K were significantly influenced within all depths. Rotation significantly influenced C within 15 cm but not others. Soil moisture was significantly different only at 30 – 60 cm, while rotation significantly impacted pH at 15 – 30 cm as well as 30 – 60 cm. The impact of rotation was not robust on Mg at 15 – 30 cm, showing significant effect only at 90% CI. In conclusion, there was not any certain pattern of impact over the years and soil depths. The influences sensitively changed causes of the soil depths and years.

Literature

- Ali A, Usman M, Adaikwu AO. 2018. Effect of Tillage Methods on Soil Properties, Growth and Yield of Maize (*Zea mays* L.) in Makurdi, Nigeria. *International Journal of Science and Healthcare Research*.3.
- Kilic, K., S. Kilic and R. Kocyigit (2012). Assessment of spatial variability of soil properties in areas under different land use. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 18: 722-732.
- Mzuku, M., Khosla, R., Reich, R., Inman, D., Smith, F., MacDonald, L., 2005. Spatial Variability of Measured Soil Properties across Site-Specific Management Zones. *Soil Science Society of America Journal* 69, 1572-1579.
- Verhulst, N., Govaerts, B., Sayre, K., Deckers, J., Francois, I., Dendooven, L., 2008. Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within plot spatial variability and factors limiting production. *Plant Soil J.* 317, 41 - 59.

Long-term effect of crop rotation on soil properties (NO₃-N and Nt) and yield performance of wheat, rye and barley under different mineral fertilization - LTE "BSG" Giessen

Yavar Vaziritabar, Yazdan Vaziritabar, Bettina Leschhorn, Feng Yan, Markus Kolmer and Bernd Honermeier

Department of Agronomy, Institute of Agronomy & Plant Breeding, Justus Liebig University, Giessen, Germany. E-Mail: yavar.vaziritabar@agr.uni-giessen.de

Introduction

Long-term field experiments (LTE) are appropriate methods to investigate the possible effects of crop management on physical, chemical and biological characteristics of soils as well as of crop yields and its stability (Sarker et al., 2018). Furthermore, depending on time period LTE can also be used to investigate the impact of climate change on soil and plant parameters.

The current study includes an on-going LTE called as "BSG" (Biologische Stickstoff-Gewinnung) Giessen which was established in 1982. The objective of this experiment is to investigate the long-term effects of different preceding crops or crop rotations on soil characteristics and yields of the subsequent crops in combination with different levels of mineral NPK fertilization.

Material and method

The LTE "BSG" is running in the research station Giessen (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, average year precipitation: 650 mm, annual air temperature: 8.1 °C). The soil is characterized by a Gleyic Fluvisol (World Reference Base for Soil Resources) silty clay texture (Tu3, 0-30 cm), Ct content (0-30 cm) of 1.3-1.6%, soil density of 1.6-1.7 g/cm³ (Ap) and pH value of 6.0-6.4. The field experiment includes two main treatments (A) pre-crop and (B) mineral fertilization (N, P, K) arranged as a randomized block design with four replications. In 2015-2017 winter wheat cv. Premio (2015), winter rye cv. Brasetto (2016) and summer barley cv. Avalon (2017) have been cultivated after the pre-crops in 2014. Mineral fertilization to wheat, rye and barley includes four sub-treatments: zero, only PK, PK + reduced N dosage (wheat: 90, rye: 90, summer barley: 60 kg N/ha) and PK + full N dosage (wheat: 180, rye: 180, summer barley: 45 kg N/ha). The different pre-crops are cultivated every fourth year of the four crops rotation: (1) pre-crops including crimson clover (CC) (*Trifolium incarnatum* cv. Kardinal), field bean (FB) (*Vicia faba* cv. Hiverna), oat (O) (*Avena sativa* cv. Fleuron), silage maize (M) (*Zea maize* cv. Lorado) and fallow (F). As subsequent crops, winter wheat is cultivated in first year, winter rye in the second and summer barley in the third year after the pre-crops. The soil samples were taken manually three weeks after harvesting of the pre-crops in June 6th 2018. Total carbon (Ct) and total nitrogen (Nt) (Dumas method) and NO₃-N (VDLUFA method) of the soil (0-30, 30-60 cm) were analysed in each replication.

Results and discussion

It was found that NO₃-N contents of the soil varied from 20.8 to 62 kg N/ha with higher concentration in the upper soil (0-30 cm) compared to the lower soil layer (30-60 cm). Highest nitrate content of 45.8 kg N/ha (0 – 60 cm) was obtained by fallow and full dosage of mineral fertilization. In the second soil layer, clover as green mulch and field bean (6.7 and 6.2 kg N/ha) were more efficient in nitrate accumulation compared to oat and maize (2.3 and 3.4 kg N/ha). In contrary, in the second year of the crop rotation (2016), three weeks after harvesting of winter rye, the second soil

layer had the highest nitrate accumulation of 63.2 kg N/ha for the pre-crop treatment crimson clover as green mulch.

In 2018, Ct values (0 - 30 cm) varied from 1.50% (without mineral fertilization) to 1.69% (PK+100 % N). In upper soil, fallow caused the lowest Ct (1.56%) whereas crimson clover (1.64%) led to the highest Ct value. However, it is necessary to take account that the differences were not significant ($p > 0.05$). Both, pre-crops and mineral NPK fertilization had a significant effect on Nt content in the upper soil (0-30 cm) but not in the sub soil (30-60 cm). The long-term fallow (non-cultivated soil) caused the lowest (0.155%) and green mulch incorporation with crimson clover led to highest Nt value (0.165%). There was no difference among the pre-crops field bean, oat and maize. It is interesting to note, that N fertilization influenced the Nt values in upper soil significantly. The soil without NPK application showed the lowest Nt (0.156%) compared to 50% (0.164%) and 100% NPK fertilization (0.162%). In contrary, in 2016 no significant differences were found in Ct and Nt values in the 3rd year of the crop rotation.

The obtained yield data showed that crimson clover used as green mulch, significantly increased the grain yield of the subsequent crops like winter wheat (1st year), winter rye (2nd year) and summer barely (3rd year after pre-crops) ($p < 0.001$) compared to all other pre-crops. Decreasing effects of fallow within the three years' rotation was observed. The ranking of pre-crop effects was: crimson clover (CC) > field bean (FB) = fallow (F) > maize (M) > oats (O) in 2015 (winter wheat), CC > FB = O = M > F in 2016 (winter rye) and CC > FB = M = O > F in 2017 (summer barley). The same effect was found considering the straw yield in winter wheat (2015) and winter rye (2016) but not in summer barley (2017). Biomass yield (including grains and straw) of winter wheat (1st year) were at the higher levels after crimson clover (124 dt/ha) and field bean (102.8 dt/ha) compared to oat and maize, promoting by interactions of pre-crops and mineral fertilization NPK. In winter rye (2nd year) and summer barley (3rd year) the same tendency of the biomass yield increase was achieved by crimson clover and full dosage of mineral fertilization but no interactions were found. Further on several plant parameters like straw yield, harvest index, leaf area index, flag leaf chlorophyll content (SPAD value), spikes number/m² and vegetation index (NDVI) have been clearly modified by the N application.

It can be concluded that green mulching with legume crop like crimson clover can cause sustainable and positive yield effects on the subsequent crops within the crop rotation. These effects can be explained inter alia by increased Ct and Nt content including increased mineral N (nitrate) content of the soil.

Literature

JR Sarker, BP Singh, WJ Dougherty, Y Fang, W Badgery, FC Hoyle, RC Dalal, AL Cowie (2018): Impact of agricultural management practices on the nutrient supply potential of soil organic matter under long-term farming systems, *Soil and Tillage Research*, 175, 71-81.

Einfluss einer langjährig unterschiedlichen NPK-Düngung auf Bodeneigenschaften und auf den Ertrag und die Qualität von Zuckerrüben im Erschöpfungsversuch Gießen

Feng Yan, Bettina Leschhorn, Hans Schwinn, Annika Schön und Bernd Honermeier

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

Einleitung

Die Produktivität eines Ackerbodens hängt stark von der Bodenfruchtbarkeit ab. Im modernen Pflanzenbau ist es wichtig, die Bodenfruchtbarkeit durch verschiedene Management-Maßnahmen der Fruchtfolge-Gestaltung, der Bodenbearbeitung, der Aussaatverfahren und der Düngung nachhaltig zu erhalten bzw. zu erhöhen. Wichtiger Bestandteil dieser Maßnahmen ist die organische Düngung, mit der nicht nur wichtige Makronährstoffe (N, P, K, Mg, Ca), sondern auch große Menge an organischen Stoffen (Corg, Norg) zugeführt werden, die zur Erhaltung und Entwicklung der Bodenfruchtbarkeit beitragen können.

In der vorliegenden Untersuchung wird die Wirkung von langjähriger (mehr als 60 Jahre) mineralischer und organischer Düngung auf die Bodenfruchtbarkeit anhand von Bodenanalysen und der Ertragsanalyse der Zuckerrübe (*Beta vulgaris* L.) bewertet. Ziel der Untersuchung ist es herauszustellen, welche Wirkung eine langjährige unterschiedliche mineralische und organische Düngung auf ausgewählte Parameter der Bodenfruchtbarkeit sowie auf die Ertragsleistung der Kulturpflanzen hat.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden im Jahr 2018 im Dauerfeldversuch „Erschöpfungsversuch Gießen“, der in der Versuchsstation Weilburger Grenze der Universität Gießen im Jahr 1954 angelegt wurde, durchgeführt. Der Bodentyp ist die allochthone Vega (nach IUSS Working Group WRB 2015 als „Fluvic Gleyic Cambisol“ eingeordnet), welche zu den verbrauchten Auenböden zählen und somit aus Sedimenten der Lahn-Aue entstanden sind. Die Bodenart ist ein schluffiger Ton (Ap-Horizont: 36 % Ton, 58 % Schluff). Der Boden hat eine nutzbare Feldkapazität (0-100 cm) von 123 mm. Der Versuch beinhaltet zwei Prüffaktoren: Faktor A: Dosierung der mineralischen NPK-Düngung mit den Prüfstufen: a1 50 % NPK, a2 100 % NPK und a3 100 % NPK + Stalldung (Rind). Die Stalldung-Applikation wurde alle drei Jahre zur Zuckerrübe mit 300 dt/ha durchgeführt. Prüffaktor B: Kombination der mineralisch gedüngten Nährstoffe N, P und K mit den Prüfstufen: b1 ohne NPK, b2 mit PK, b3 mit NP, b4 mit NK und b5 mit NPK. Die 60 Parzellen des Versuches setzen sich aus den 15 Prüfgliedern (3 x 5 Prüffaktoren) mit jeweils vier Wiederholungen zusammen. Die Parzellen sind 30,25 m² groß. Im Versuchsjahr 2018 wurde die Zuckerrübensorte Lisanna KWS am 25.04.2018 mit einer Saatstärke von 100.000 Körnern/ha und einem Reihenabstand von 50 cm gesät. Am 27.04.2018 wurde eine dem Versuchsplan entsprechende Düngung der Teilstücke vorgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

Der höchste Rübenenertrag (557 dt/ha) wurde in der Variante 100 % NPK + Stalldung erzielt. Demgegenüber wurde der niedrigste Ertrag (384 dt/ha) in der Kontrolle (ohne Düngung) gemessen (Tab. 1).

Tab. 1: Ertrag von Zuckerrüben (dt/ha, FM) im Erschöpfungsversuch in Gießen im Jahr 2018

	ohne	PK	NP	NK	NPK
Halbe Dosierung	384 ± 66	364 ± 50	360 ± 54	332 ± 101	411 ± 96
Volle Dosierung	389 ± 38	410 ± 26	421 ± 60	406 ± 96	469 ± 128
Volle Dosierung + Stalldung	404 ± 128	404 ± 77	462 ± 28	489 ± 84	557 ± 73

Im Vergleich zur Kontrolle beträgt die Ertragssteigerung durch die NPK-Variante (volle Dosierung + Stalldung) etwa 31%. Diese Ertragssteigerung ist nicht sehr hoch, da das Wachstum der Zuckerrübe durch die geringeren Niederschläge und hohen Temperaturen im Jahr 2018 generell stark gehemmt wurde. In Jahr 2015 war der Ertrag der Variante NPK-Voll-Dosierung + Stalldung mehr als doppelt so hoch wie die Kontrolle (Daten nicht gezeigt). Zwischen Halbe Dosierung und Volle Dosierung konnte eine Ertragssteigerung um etwa 60 dt/ha in den Varianten PK, NP, NK und NPK festgestellt werden (Tab. 1). Die Wirkung von Stalldung konnte nur in den Varianten NP, NK und NPK beobachtet werden. Die Ertragsteigerung durch Stalldung betrug 40-88 dt/ha. Hingegen konnte keine Wirkung auf den Ertrag durch die Stalldung-Applikation in der Kontrolle und der PK-Variante erzielt werden.

Einen Hinweis auf verbesserte Bodeneigenschaften durch die langjährige Stallmistdüngung gibt der erhöhte Gehalt an organischem Kohlenstoff (C_{org}). Für den Faktor Dosierung zeigte die Bodenanalyse (0-30 cm Bodentiefe) einen Mittelwert von 1,21% für Halbe-Dosierung, 1,23% für Voll-Dosierung und 1,50% C_{org} für Voll-Dosierung + Stalldung. Für den Faktor Düngung lag der C_{org} -Gehalt bei 1,28% für „ohne“, 1,27% für „PK“, 1,33% für „NP“, 1,35% für „NK“ und ebenfalls 1,35% für „NPK“. Dabei erzielten alle Varianten mit N einen signifikant höheren C_{org} -Gehalt im Vergleich zur Kontrolle („ohne“). Vergleichbare Ergebnisse wurden auch für den N_t -Gehalt festgestellt.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Bodenfruchtbarkeit, gemessen an der Produktivität der Kulturpflanzen, sich stark durch die langjährige Düngung beeinflussen lässt. Nicht nur die mineralische Düngung mit Makronährstoffen wie N, P und K, sondern auch die organische Düngung trägt zur Erhaltung bzw. Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit bei.

Entwicklung der pH-Werte und Nährstoffverfügbarkeit im Dauerversuch „Ewiger Roggen“ (Halle (Saale)) im Verlauf von 140 Jahren

W. Merbach¹, F. Herbst¹, W. Gans¹ und U. Völker²

¹Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften der MLU Halle-Wittenberg, 06120 Halle (Saale)

²Karner Düngerproduktion GmbH, A-3040 Neulengbach (Österreich)

E-Mail: merbach@landw.uni-halle.de

Einleitung

Der Dauerdüngungsversuch „Ewiger Roggen“ in Halle (Saale) wurde bisher vorrangig hinsichtlich der Ertragsentwicklung bzw. der C- und N-Dynamik des Bodens in Abhängigkeit von Düngung, Pflanzenschutzmitteleinsatz oder Sorte ausgewertet (vgl. Herbst et al. 2016, 2017). Zusammenfassende Betrachtungen der langjährigen Dynamik der pH- und Nährstoffgehalte im Boden standen eher im Hintergrund. Nachfolgend wird deshalb über den Verlauf des pH-Wertes und der Gehalte an pflanzenverfügbaren Makro- und Mikronährstoffen im Boden von fünf Düngungsvarianten dieses Dauerversuches berichtet.

Material und Methoden

Der 1878 angelegte Versuch liegt am Ostrand der Magdeburger Börde im Regenschatten des Harzes (494 mm Niederschlag, 9,2 ° C, 1684 h Sonnenschein (langjähriges Mittel), 113 m über NN). Der Standort ist wie folgt charakterisiert: Braun-Schwarzerde auf Sandlöss (Haplic Phaeozem), 80 - 120 cm Sandlöss (53 % S, 15% T) über Geschiebemergel, pH 5,9, 1,4 % C, 14 mval/100 g KAK, 140 l/m² nFK (Details bei Merbach u. Deubel 2007), Nährstoffeinträge ca. 50 kg N (bis ca. 1995, heute ca. 12 kg N bzw. 5 kg K pro ha und Jahr; Immissionsbericht Umweltamt Sachsen-Anhalt 2010). Es handelt sich um eine Winterroggen-Monokultur (ab 1961 auf Teilstücken auch Kartoffeln und Mais) mit 6 Düngungsvarianten, und zwar: 1. Stallmist I (jährlich 12 t/ha, nach 1990 60 kg/ha N als Stallmist, 2. Stallmist II (1893-1952 jährlich 8 t/ha, danach ungedüngt), 3. NPK (40 kg N/ha, nach 1990 60 kg; 24 kg/ha P, 75 kg/ha K), 4. PK (wie Variante 3, aber ohne N), 5. N (40 kg/ha N, nach 1990 ersetzt durch Stallmist + NPK), 6. keine Düngung (vgl. Merbach u. Deubel 2007). Zu Versuchsbeginn wurden Corg, P, K, Ca (HCl) bestimmt. Der **pH lag 1878 bei 6,5**. 1929/30 wurden pH sowie P und K (pflanzenverfügbar) bestimmt. 1949 erfolgte auf allen Varianten eine Ausgleichskalkung auf der Basis der hydrolytischen Azidität. 1985 erhielt die Variante N 21 dt/ha (CaO) als Leunakalk (CaCO₃). 1990 wurden zu Variante 5 bei der Umwandlung von N zu Stallmist+NPK einmalig 200 kg/ha P/ha (Doppelsuperphosphat) + 400 kg/ha K/ha (60er Kali) gegeben. Weitere Details zum Versuch und den Analysenmethoden finden sich bei Herbst et al. (2018).

Ergebnisse und Diskussion

Der pH-Wert nahm im Versuchsverlauf bei allen Prüfvarianten ab (Abb.). Der Basensättigungsgrad stand in enger Beziehung zum pH-Wert. Kalkungen erhöhten den pH-Wert vorübergehend bzw. bremsten die Abnahme. Der niedrigste pH-Wert stellte sich nach ausschließlich mineralischer N-Düngung und der höchste nach PK-Düngung ein. Bei den pflanzenverfügbaren P-, K- und Mg-Gehalten kam es in den

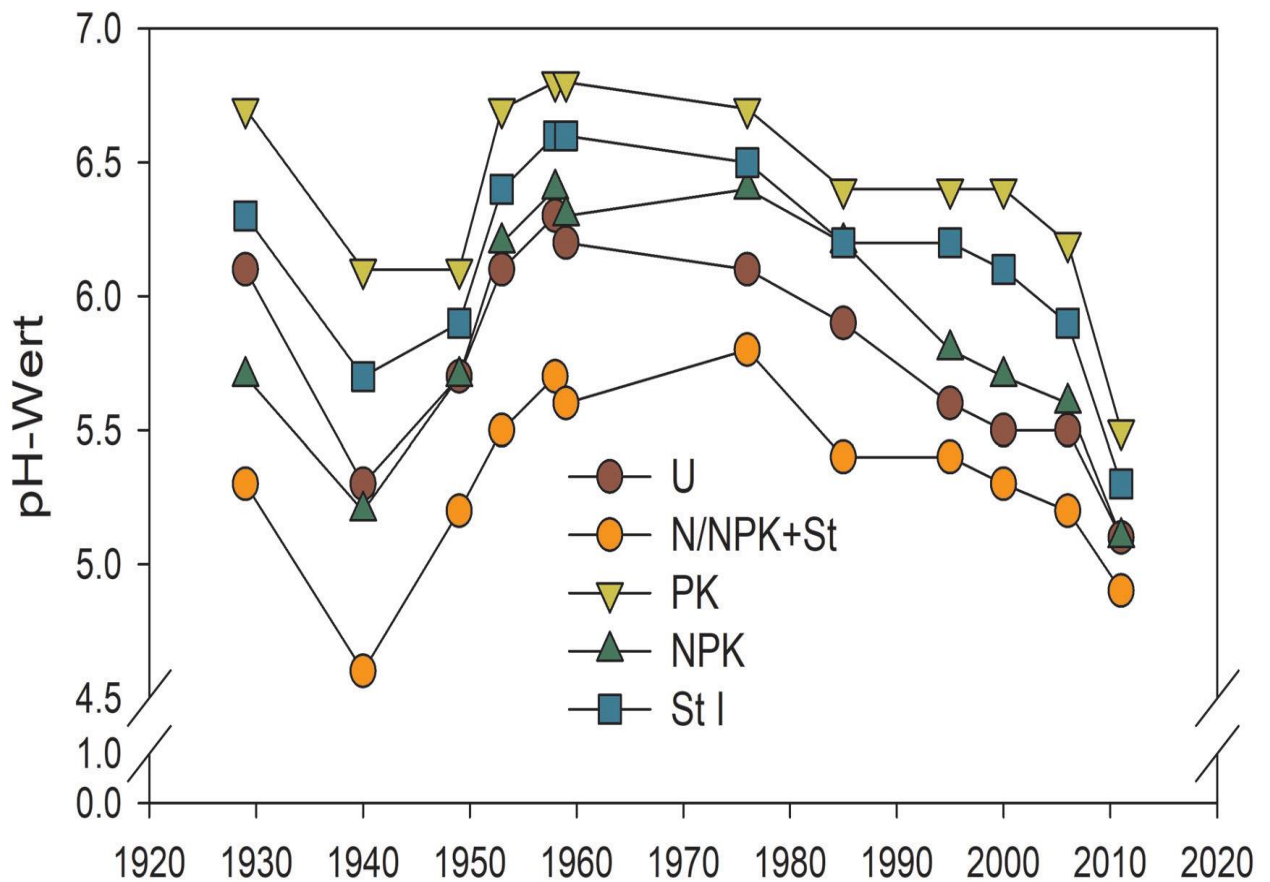


Abb.: Verlauf des pH-Wertes 1929 bis 2011. Ausgangswert pH 6,5 (1878), Kalkungen 1949 (alle Varianten) und 1985 (Variante N/NPK+Stallmist). (aus Herbst et al. 2018)

letzten Jahrzehnten in allen Düngungsvarianten zu einer Abnahme, mit Ausnahme des K-Gehaltes nach Stallmistdüngung. Bei Düngung von Mineralstoffen, einschließlich Stallmist, waren die P- und K-Gehalte und der pH-Wert bis in den Unterboden erhöht. Bei den Mikronährstoffen ist es durch die regelmäßige Stallmistdüngung zu einer deutlichen Erhöhung der Mn-, Fe- und Si-Gehalte gekommen (Details siehe Herbst et al. 2018).

Literatur

- Herbst, F., Gans, W., Völker, U. (2018): Verlauf der Bodenreaktion und der pflanzenverfügbaren Nährstoffgehalte im 140-jährigen Ewigen Roggenbau in Halle/Saale. *Bodenkultur* 69, 61-72
- Herbst, F., Schmidt, L., Merbach, W. (2017): Die Entwicklung des Ertragsniveaus im „Ewigen Roggenbau“ in Halle/S. seit 1879. *Journal f. Kulturpflanzen* 69, 189-197
- Herbst, F., Schmidt, L., Merbach, W. (2016): Wirkung der Mineraldüngung auf die C- und N-Gehalte im Boden der Hallenser Dauerdüngungsversuche. *Journal f. Kulturpflanzen* 68, 328-337
- Merbach, W., Deubel, A. (2007): The long-term fertilization trials in Halle (Saale), Germany. Dt. Universitätsverlag/GWV Fachverlage Wiesbaden 2007

Erkenntnisgewinn aus Dauerfeldversuchen zum Pflanzenschutz

Jürgen Schwarz

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Kleinmachnow, E-Mail: juergen.schwarz@julius-kuehn.de

Einleitung

Dauerfeldversuche und Langzeiterhebungen wurden in der modernen Landwirtschaft schon früh begonnen, z. B. Rothamsted Research im Jahr 1843 und der „Ewige Roggen“ in Halle im Jahr 1878. Die damaligen Fragestellungen bezogen sich meist auf den Einsatz von Düngemitteln und die Auswirkungen von Fruchtfolgen. Daher waren Dauerfeldversuche lange eine Domäne des Pflanzenbaus.

Seit geraumer Zeit werden jedoch die Möglichkeiten und, in stärkerem Umfang, die Risiken beim Einsatz von Pflanzenschutzmitteln betrachtet. In diesem Themenfeld sind Dauerfeldversuche eine wertvolle Erkenntnisquelle, besonders in Bezug auf die Forschungsschwerpunkte Nachhaltigkeit, Energieeffizienz und klimarelevante Gase. Auch beim Einsatz/Nichteinsatz von Pflanzenschutzmitteln bzw. bei Reduktionen der Aufwandmengen zeigen sich Effekte oft erst nach Jahren. Gleiches gilt für die Bodenbearbeitung. In Deutschland beträgt der Anteil der pfluglosen Bodenbearbeitung ungefähr 40 % der Ackerfläche (STATISTISCHES BUNDESAMT, 2011).

Material und Methoden

Das Versuchsfeld des Julius Kühn-Instituts befindet sich in Dahnsdorf im südlichen Brandenburg (52.108494 N, 12.636338 E), Naturraum Hoher Fläming, nahe der Stadt Bad Belzig. Die Versuchsfläche hat einen lehmigen Sandboden mit 57,9 % Sand, 37,5 % Schluff und 4,6 % Ton, der pH-Wert beträgt 5,8. Die mittlere Bodenwertzahl liegt im Durchschnitt bei 48 Punkten. Auf dem Versuchsfeld wird eine eigene Wetterstation betrieben. Die dort gemessenen Werte der mittleren Jahrestemperatur und des mittleren Jahresniederschlags betragen 9,5 °C und 583 mm im Zeitraum von 1997 bis 2018. Für die Region ist eine Vorsommertrockenheit typisch.

Von 1995 bis zum Erntejahr 2007 waren in einem Dauerfeldversuch, im Rahmen von zwei verschiedenen Fruchtfolgen mit Pflanzenschutzstrategien, Varianten vorhanden, welche ohne den Einsatz von Herbiziden bewirtschaftet wurden (SCHWARZ und MOLL, 2010). Danach erfolgte im Herbst 2007 eine Neuausrichtung des Versuchs. Seitdem werden sämtliche Varianten mit Herbiziden behandelt.

Zusätzlich wird in diesem Dauerfeldversuch, mit der Fruchtfolge Winterraps – Winterweizen – Winterroggen – Mais – Erbse – Wintertriticale, die Auswirkungen der pfluglosen Bodenbearbeitung seit Neuausrichtung geprüft. Von den 10 Wiederholungen jeder Kulturart des Versuchs werden 5 Wiederholungen pfluglos bearbeitet (nicht-wendend) und 5 Wiederholungen werden gepflügt. Die Unkräuter werden nach Art und Anzahl vor der Herbizidbehandlung erhoben, so dass Aus- und Nachwirkungen quantifiziert werden können.

Ergebnisse und Diskussion

Betrachtet man die Auswirkungen auf den Unkrautauflauf in den ehemals herbizidunbehandelten Parzellen, so zeigen sich auch 12 Jahre nach der Neuausrichtung noch deutlich erhöhte Auflaufzahlen bei den dikotylen Unkräutern. In den Getreidekulturen laufen in den vormals herbizidfreien Varianten immer noch

zwei- bis dreimal mehr dikotyle Unkräuter auf, als in den stets herbizidbehandelten. Eine hauptsächliche Ursache hierfür ist der Eintrag von Unkrautsamen in die Bodenunkrautsamenbank im Zeitraum 1995 bis 2007. Die unterschiedlichen Auflaufzahlen der dikotylen Unkräuter ab Herbst 2007 resultieren aus diesem gut gefüllten Bodensamenvorrat. Nach ZWERGER und HURLE (1990) laufen je Jahr nur etwa 2 bis 5 % der Unkrautsamen auf. Beim Windhalm (*Apera spica-venti*) finden sich diese Unterschiede, aufgrund der geringeren Überdauerungsrate der Samen im Boden, nicht mehr.

Daher ist nachzuvollziehen, dass Dauerfeldversuche, gerade bei der Beurteilung von Nachwirkungen verschiedener Herbizidstrategien sehr wichtig sind.

In der seit 2007 in Dahnsdorf untersuchten pfluglosen Bodenbearbeitung stellen Getreidedurchwuchspflanzen ein Problem dar. Im Winterraps, Vorfrucht Wintertriticale, werden in den gepflügten Versuchswiederholungen im Mittel über die Jahre ca. 1,4 Pflanzen je m² gezählt. In den pfluglosen Varianten hingegen im Mittel der Jahre ca. 36 Pflanzen je m² (SCHWARZ, et al., 2018). Abhängig von den Auflaufbedingungen im Herbst wurden z. T. über 100 Triticaledurchwuchspflanzen je m² gezählt. In fast allen Jahren, außer Herbst 2010, wurde daher in den pfluglosen Varianten ein Graminizid gegen den Getreidedurchwuchs eingesetzt.

Neben dem Getreidedurchwuchs ergeben sich auch Auswirkungen der pfluglosen Bodenbearbeitung auf den Windhalmauflauf. Windhalm ist das vorherrschende monokotyle Unkraut in Dahnsdorf.

In den ersten drei bis vier Jahren nach der Umstellung der Bodenbearbeitung waren kaum Auswirkungen auf den Auflauf des Windhalms festzustellen. Seit 2011 jedoch steigen die Auflaufzahlen in den pfluglosen Wiederholungen, im Vergleich zu den gepflügten, an (SCHWARZ, 2018). Bedingt durch Niederschlag und Temperatur variiert die Anzahl in beiden Bodenbearbeitungssystemen von Jahr zu Jahr. Auch hier liefern nur Dauerfeldversuche verlässliche Angaben.

Literatur

- Schwarz, J. und E. Moll, 2010: Entwicklung der Verunkrautung in Abhängigkeit von Fruchtfolge und Herbizidintensität. Journal für Kulturpflanzen 62, 317-325.
- Schwarz, J., 2018: Effect of different soil cultivation methods on the emergence of *Apera spica-venti*, Julius-Kühn-Archiv, Heft 458, 303 - 306
- Schwarz, J., B. Klocke, S. Kregel, 2018: Auswirkung mehrjähriger pflugloser Bodenbearbeitung auf den Auflauf von Durchwuchsgetreide in Winterraps. Julius-Kühn-Archiv 461, 430.
- Statistisches Bundesamt, 2011: Land- und Forstwirtschaft, Fischerei Bodenbearbeitung, Bewässerung, Landschaftselemente Erhebung über landwirtschaftliche Produktionsmethoden (ELPM), Fachserie 3, Heft 5.
- Zwenger, P. und K. Hurle, 1990: Untersuchung zur Abbildungsgüte simulierter Befallsverläufe bei Unkräutern. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, Sonderheft XII, 133-141.

Einfluss einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualität von Weizen unter den Bedingungen des ökologischen Landbaus

Peer Urbatzka¹, E. Heiles¹, B. Graber², S. Zott¹ und G. Salzeder¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ²Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Würzburg; E-Mail: peer.urbatzka@LfL.bayern.de

Einleitung

Der atmosphärische S-Eintrag in landwirtschaftliche Flächen ist durch den Einbau von Rauchgasentschwefelungsanlagen in den letzten Jahrzehnten kontinuierlich zurückgegangen. Im ökologischen Landbau wurde in den vergangenen Jahren die Frage diskutiert, ob Schwefel mittlerweile ein ertragslimitierender Nährstoff geworden ist. Für Klee gras (z. B. Böhm 2017, Riffel et al. 2015) und Körnerleguminosen (Schmidtke und Lux 2015) ist die Frage inzwischen beantwortet. Da bei Weizen erste Ergebnisse eine verbesserte Backqualität nach einer Schwefeldüngung zeigten (Urbatzka et al. 2017), wird im Beitrag die Frage für Winterweizen anhand umfangreicher Feldversuche erörtert.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden bayernweit an fünf Standorten von 2013 bis 2017 mit der Weizensorte Achat durchgeführt (Tab.1). Die Gesamtzahl der Umwelten beträgt 20. Die Schwefeldüngung wurde als Sulfat in einer Höhe von 40 kg S/ha im zeitigen Frühjahr ausgebracht. In Abhängigkeit von der Mg-Versorgungsstufe im Boden wurde ein Magnesiumsulfat (Stufe mindestens C) oder ein Calciumsulfat (Stufe A oder B) bis spätestens zu Beginn des Längenwachstums gestreut.

Die Qualitätsparameter (Rohprotein-, Feuchtklebergehalt und Backvolumen nach einem RMT-Backtest) wurden nach den Standard-Methoden der Internationalen Gesellschaft für Getreidechemie (ICC 1976) und das Volumen nach Doose (1982) als Mischprobe der Wiederholungen bestimmt. Von einer Verbesserung der Backqualität in einer Umwelt wurde bei einer Erhöhung des Feuchtklebergehaltes um mindestens einen Prozentpunkt und einer Vergrößerung des Backvolumens um mindestens 30 ml ausgegangen. Der Rohproteingehalt wurde hierbei nicht berücksichtigt, da der Klebergehalt aussagekräftiger ist (Linnemann et al. 2002). Der Versuch wurde in einer Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt, die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3.

Tab. 1: Überblick über die Versuchsstandorte

	Bodenart	Ackerzahl	Niederschlag¹	Temperatur¹	Ernten
Hohenkammer	IS, sL	50-60	887	8,3	2013 - 2016
Neuhof	uL	~55	677	8,7	2014 - 2017
Obbach	uL	50-70	714	9,0	2014 - 2017
Puch	IS, sL	~40	882	8,8	2013, 2014
Viehhausen	sL, uL	50-60	887	8,3	2013 - 2017*

¹ langjährige Mittel (1981-2010) der nächstgelegenen Wetterstation, * in 2014 Anlage auf zwei verschiedenen Schlägen

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zur Schwefeldüngung im Winterweizen lassen eine Einteilung der Umwelten in drei etwa gleich große Gruppen zu. In sieben Umwelten war der Korn ertrag signifikant erhöht. Dies entsprach in diesen Umwelten einer durchschnittlichen Ertragssteigerung um acht Prozentpunkte. Eine Verbesserung der

Backqualität lag in acht Umwelten vor, wobei in einer Umwelt (Neuhof 2016) ein Ertrags- und Qualitätseffekt festgestellt wurde. Eine Verbesserung der Backqualität konnte vor allem über ein höheres Backvolumen und den Feuchtklebergehalt festgestellt werden, da der Rohproteingehalt keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten mit und ohne Schwefeldüngung erkennen ließ. In den übrigen sechs Umwelten wurde weder eine Ertragssteigerung noch eine Verbesserung der Backqualität festgestellt. Für die verschiedene Wirkung wurde keine Ursache z. B. Bodenart oder Niederschläge nach der Düngung gefunden.

Eine Sulfatgabe direkt zu Weizen kann demnach Ertrag oder Backqualität verbessern. Eine Empfehlung zur Schwefeldüngung für die Praxis kann aufgrund einer ungewissen Wirkung und einer geringen Wirtschaftlichkeit nicht gegeben werden.

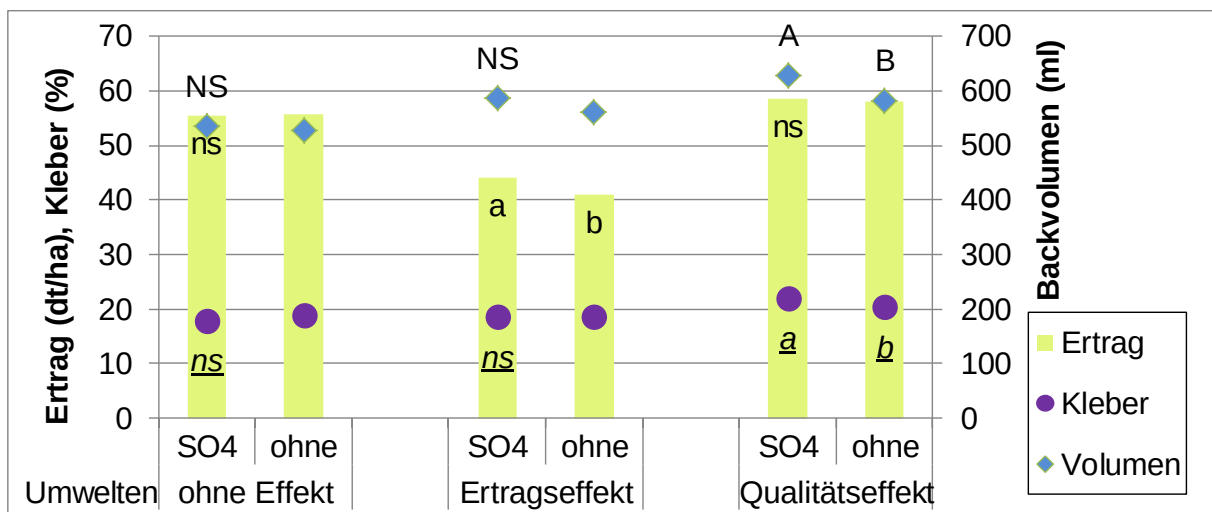


Abb. 1: Ertrag und Backqualität in Abhängigkeit einer Sulfatdüngung und Einteilung in drei Gruppen; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK, $p < 0,05$)

Literatur

- Böhm H (2017) Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Klee-grasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 32-35.
- Doose, O (1982) Verfahrenstechnik Bäckerei. Gildebuchverlag, Alfeld, 6. Auflage.
- Linnemann L, Leithold G, Rauber R (2002) Kleberqualität als Bewertungskriterium der Backqualität von Weizen – Neue Erkenntnisse zu einem alten Thema. Getreide Mehl und Brot, 56 (3), 147-154.
- Riffel A, Becker K, Leithold G (2015) Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Klee-gras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 13. Wissenschafts-tagung Ökologischer Landbau, 284-285.
- Schmidtke K, Lux G (2015) Wirkung verschiedener Verfahren der Schwefel-düngung auf Ertragsleistung und Vorfruchtwert von Körnerleguminosen im Ökologischen Landbau. Abschlussbericht, <http://orgprints.org/29783/>.
- Urbatzka P, Rehm A, Heiles E, Salzeder G (2017) Einfluss einer Schwefeldüngung bei Getreide. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 114-115.

Einfluss von N-Düngestrategie und Wachstumsreglereinsatz auf die Standfestigkeit, Ertrag und Qualitätsparameter von Emmer und Einkorn

Sebastian Weisenburger, Andreas Monkos und Sabine Zarnik

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ)/ Referat 11- Pflanzenbau, 76287 Rheinstetten-Forchheim. E-Mail: sebastian.weisenburger@ltz.bwl.de

Einleitung

Der Anbau der Spelzgetreidearten Emmer (*Triticum dicoccum*) und Einkorn (*Triticum monococcum*) hat in den vergangenen Jahren im konventionellen Anbau in Baden-Württemberg als Nischenprodukt an Bedeutung gewonnen (2013: 373 ha; 2018: 891 ha; Quelle: Invekos-Daten des Landes BaWü). Insbesondere für den konventionellen Praxisanbau von Emmer wird eine intensive Bestandesführung mit Wachstumsreglereinsatz bei hohen N-Düngegaben empfohlen, um die lageranfälligen Bestände bei entsprechendem Ertrag zu stabilisieren. Deshalb wurde unter konventionellen Anbaubedingungen geprüft, inwieweit sich variierende Stickstoffdünge- und Wachstumsreglergaben auf den Ertrag, die Qualität und die Standfestigkeit von Emmer und Einkorn auswirken.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsstandort der LTZ- Außenstelle Rheinstetten- Forchheim (lehmiger Sand, Ackerzahl 32) wurden in den Jahren 2015/16 bis 2017/18 Emmer- und Einkornversuche (zweifaktorielle Spaltanlage, drei Wiederholungen) mit den Prüffaktoren N-Düngung (6 Stufen) und Wachstumsreglereinsatz (mit/ohne) angelegt (Tab.1). Bei Emmer wurde die Sorte Ramses, bei Einkorn die Sorte Terzino verwendet. Die Aussaat erfolgte jährlich zum standorttypischen Termin Mitte Oktober mit jeweils 250 Körner/m². Zur Aussaat wurde aufgrund technischer Machbarkeit entspelztes und mit Landor CT gebeiztes Saatgut verwendet

Tab. 1: N- Düngevarianten Emmer-/Einkornversuch

Nr.	N- Form	N1 (kg N/ha)	N2 (kg N/ha)	N3 (kg N/ha)	Summe kg N/ha
		EC 25	EC 31	EC 39/41	
1		0	0	0	0
2	KAS	40/25	0	0	40/25
3	KAS	40/25	0	40/25	80/50
4	Alzon	80/50	0	0	80/50
5	KAS	40/25	40/25	40/25	120/75
6	KAS	40/25	80/50	40/25	160/100

Ergebnisse und Diskussion

Über die drei Versuchsjahre unterschieden sich die Emmer- und Einkornenerträge in Abhängigkeit von der N-Düngung sowie des WR-Einsatzes signifikant (t-Test). Die Ertragsverläufe zeigen zu erwartende Zuwächse bei steigender N-Düngung. Die einmalige N-Düngung mit Alzon zeigte in beiden Kulturen deutlich niedrigere Rohproteingehalte im Vergleich mit der gesplitteten KAS-Gabe. Im Mittel der Varianten und Jahre erzielte Emmer mit 35,8 dt/ha (86 % TM) und 13,6 % Rohprotein im Vergleich mit Einkorn um 12,3 dt/ha höhere Erträge bei um ca. 2 % niedrigeren Rohproteingehalten. Diese Ertragscharakteristik der untersuchten Kulturen wurde auch bei Konvalina et al. (2014) beschrieben.

Die Wachstumsreglergaben zeigten bei Emmer und hohen N-Düngegaben die deutlichsten Effekte. Bei hohen N- Düngegaben kann eine Wachstumsreglergabe von Vorteil sein und die Druschfähigkeit sichern. Vergleichbare Beobachtungen bei Emmer bezüglich der Hektarerträge und Lager in Abhängigkeit der N-Düngung machten Marino et al. (2011).

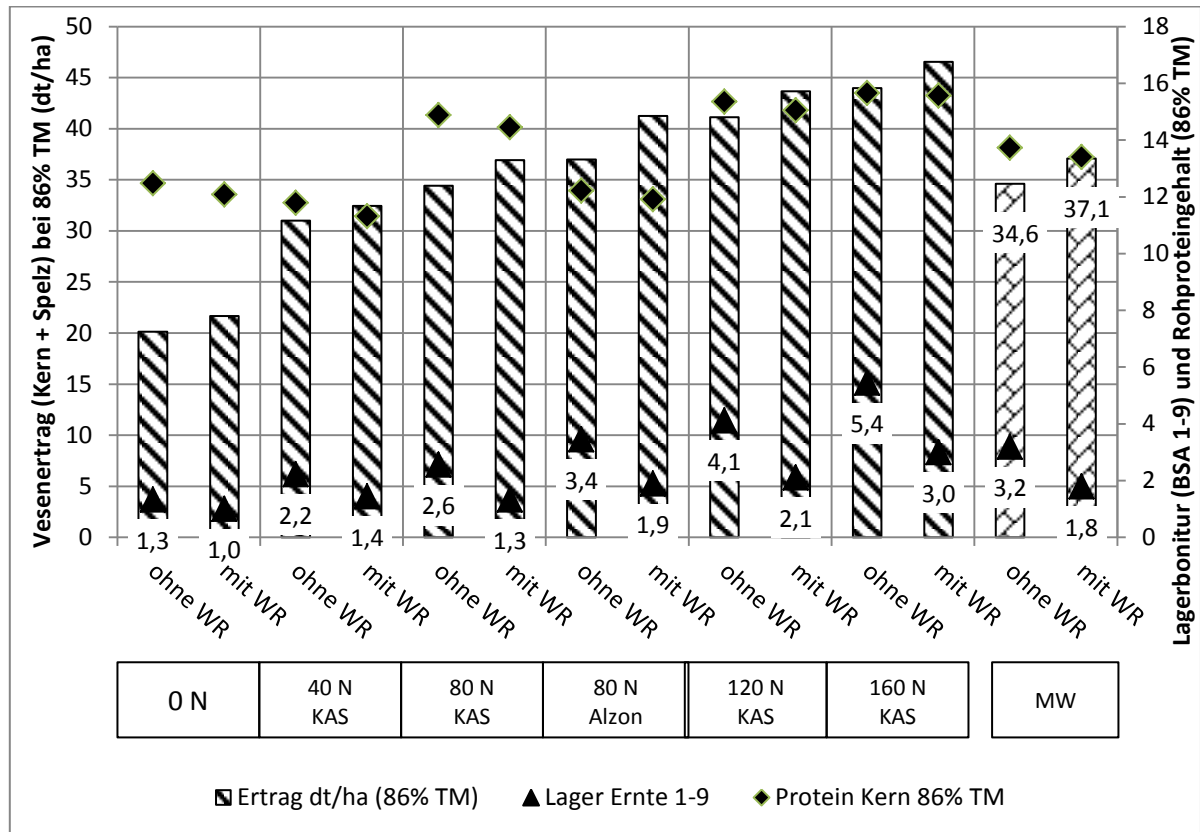


Abb. 1: Emmererträge; Rohprotein-Gehalte und Lagerbonituren vor Ernte (BSA-Noten 1-9) im Durchschnitt der Jahre 2016- 2018

Selbst die schonende Saatgutentspelzung führt bei Einkorn, anders als bei Emmer und Dinkel, zu einer starken Reduzierung von Triebkraft und Keimfähigkeit. Triebkraft (Kalttest in Erde 14 Tage bei 10 °C) 52 %; Keimfähigkeit (zwischen Papier; 20 °C; fünf Tage Vorkühlung bei 5-10 °C): 59 %. Am von Frühsommertrockenheit und Hitzestress geprägten Standort Forchheim führte dies zu einer verringerten Widerstandsfähigkeit. Grundsätzlich zeigten sich am Grenzstandort am als robust und krankheitstolerant geltenden Einkorn verschiedene getreidetypische Pilzinfektionen. 2016 wurde bei Emmer und Einkorn Gerstengelverzweigungsvirus (BYDV) diagnostiziert.

Literatur

- Marino S., Tognetti R. and Alvino A., 2011. Effects of varying nitrogen fertilization on crop yield and grain quality of emmer grown in a typical Mediterranean environment in central Italy. *Eur. J. Agron.*, 2011: 172-180
- Konvalin P., Stehno Z., Capouchová I., Zechner E., Berger S. et al., 2014. Differences in grain/straw ratio, protein content and yield in landraces and modern varieties of different wheat species under organic farming. *Euphytica* (2014) 199: 31-40

Erfassung der N-Dynamik verschiedener Wirtschaftsdünger in Wintergerste und Senf im Dürrejahr 2018

Michael Stotter^{1,2}, Martin Hamer¹, Kevin Leitenberger³, Georg Völkerling² und Ralf Pude^{2,3}

¹Internationales Zentrum für Nachhaltige Entwicklung, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg; ²INRES - Nachwachsende Rohstoffe, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn; ³Außenlabore Campus Klein-Altendorf, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn;
E-Mail: michael.stotter@h-brs.de, michael.stotter@uni-bonn.de

Einleitung

In einigen Regionen Deutschlands beeinflussen überschüssige Stickstoffeinträge landwirtschaftlichen Ursprungs die Umwelt negativ. Nach Aita et al. (2012) ermöglicht eine Zugabe von Weizenstroh zur Gülle eine Reduzierung von Stickstoffverlusten. Da Miscanthus eine höhere Wasseraufnahmekapazität sowie ein höheres C/N-Verhältnis als Weizenstroh besitzt (Stotter et al. 2017), wurde Miscanthus und Weizenstroh, beide in gehäckselter Form, mit Rindergülle vermengt und im Feldversuch zu den Kulturen Wintergerste und Senf ausgebracht. Ziel der vorliegenden Untersuchung innerhalb des EU-INTERREG-Projektes „Food Pro·tec·ts“ ist es, die Dynamik der N-Mineralisierung und der N-Verfrachtung im Boden anhand von Nmin-Bodenanalysen zu charakterisieren.

Material und Methoden

Auf dem Campus Klein-Altendorf der Universität Bonn wurden Feldversuche mit Rindergülle (RG) durchgeführt, die jeweils mit Miscanthus-Häckselgut (RG-Mis; Masseverhältnis 5:1) und mit gehäckseltem Weizenstroh (RG-We; 8,5:1) vermengt wurde. Zudem wurde eine Variante mit Ammoniumnitratharnstofflösung (AHL) und eine ohne einen Stickstoffdünger behandelt (Null). Die Applikationszeitpunkte sowie die wichtigsten Nährstoffgehalte sind in Tabelle 1 aufgeführt. Am

Tabelle 1: N_{ges}-N-Gehalt, NH₄⁺-N-Gehalt, das C/N-Verhältnis und die Applikationsmenge der eingesetzten N-Dünger.

Zeitpunkt N-Gabe	Parameter	RG ¹	RG-Mis ²	RG-We ²	AHL ²
Herbst 2017	N _{ges} -N	4.6	4.2	5.1	280
	NH ₄ ⁺ -N	2.3	1.4	1.1	70
	C/N-Verhältnis	9.0	26.0	15.0	-
	Applikationsmenge N _{ges} [kg/ha]	60	60	60	0
Frühjahr 2018	N _{ges} -N	4.0	3.9	4.7	280
	NH ₄ ⁺ -N	1.8	1.0	1.0	70
	C/N-Verhältnis	9.8	27.0	16.0	-
	Applikationsmenge N _{ges} [kg/ha]	110	110	110	170
Herbst 2018	N _{ges} -N	4.7	4.3	5.2	0
	NH ₄ ⁺ -N	2.2	1.1	1.4	280
	C/N-Verhältnis	8.9	28.2	17.5	70
	Applikationsmenge N _{ges} [kg/ha]	60	60	60	30
Frühjahr 2019	N _{ges} -N	3.8	2.9	3.8	280
	NH ₄ ⁺ -N	2.1	0.4	0.4	70
	C/N-Verhältnis	7.9	35.0	19.2	-
	Applikationsmenge N _{ges} [kg/ha]	110	110	110	140

1) N_{ges}-N und NH₄⁺-N angegeben in kg/m³

2) N_{ges}-N und NH₄⁺-N angegeben in kg/t

Am 21.09.2017 wurde Wintergerste und am 15.08.2018 die Zwischenfrucht Senf ausgesät. Am 07.02.2018, 10.07.2018, 03.09.2018 und 14.02.2019 wurden parzellenweise Bodenproben gezogen und der Nmin-Gehalt in den Bodenschichten 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Summe der Nmin-Gehalte der drei Beprobungstiefen liegt nach der ersten Ausbringung in den mit RG, RG-Mis und RG-We gedüngten Parzellen nicht signifikant höher als in den nicht gedüngten Parzellen (AHL, Null), (s. Abb. 1, A). Der aus der RG, RG-Mis und RG-We mineralisierte Stickstoff wird damit vollständig von der Wintergerste aufgenommen oder von Mikroorganismen inkorporiert worden sein.

Nach der Wintergerstenernte blieben zwischen 90 und 110 kg/ha Nmin im Boden zurück (s. Abb. 1, B). Der hohe Nmin-Wert in der AHL-Variante lässt auf eine ausbleibende N-Mineralisierung beziehungsweise auf eine organische Bindung des Stickstoffs in den organisch gedüngten Varianten schließen (s. Abb. 1, B). Der unwesentlich niedriger liegende Nmin-Gehalt der Nullparzelle im Vergleich zur AHL-Variante lässt eine hohe Nachmineralisierungsmenge aus dem Bodenvorrat vermuten (s. Abb. 1, B). In den organisch gedüngten und in der Null-Variante hat der Senf dem Boden nur geringe Nmin-Mengen von 20 bis 30 kg/ha entzogen oder aber der N-Entzug aus dem Boden ist durch die fortschreitende N-Mineralisierung kompensiert worden (s. Abb. 1 C, D). In der AHL-Variante fiel der N-Entzug sogar geringer als die N-Nachmineralisierung aus (s. Abb. 1 C, D). Nach dem Ende der Biomassebildung des Senfs lagen die Nmin-Werte der RG-Mis- und RG-We-Mischungen unter dem der RG, wobei der Nmin-Gehalt in der RG-Mis-Variante am niedrigsten ausfiel (s. Abb. 1, D). Dies deutet auf eine Hemmung der N-Mineralisierung hin, induziert durch die Mischung der RG mit diesen beiden organischen Substanzen. Ein Verlust von Nitrat- und Ammonium-Stickstoff könnte dadurch verringert, dem System Boden eine größere N-Menge erhalten und ein N-Eintrag in die Umwelt reduziert werden.

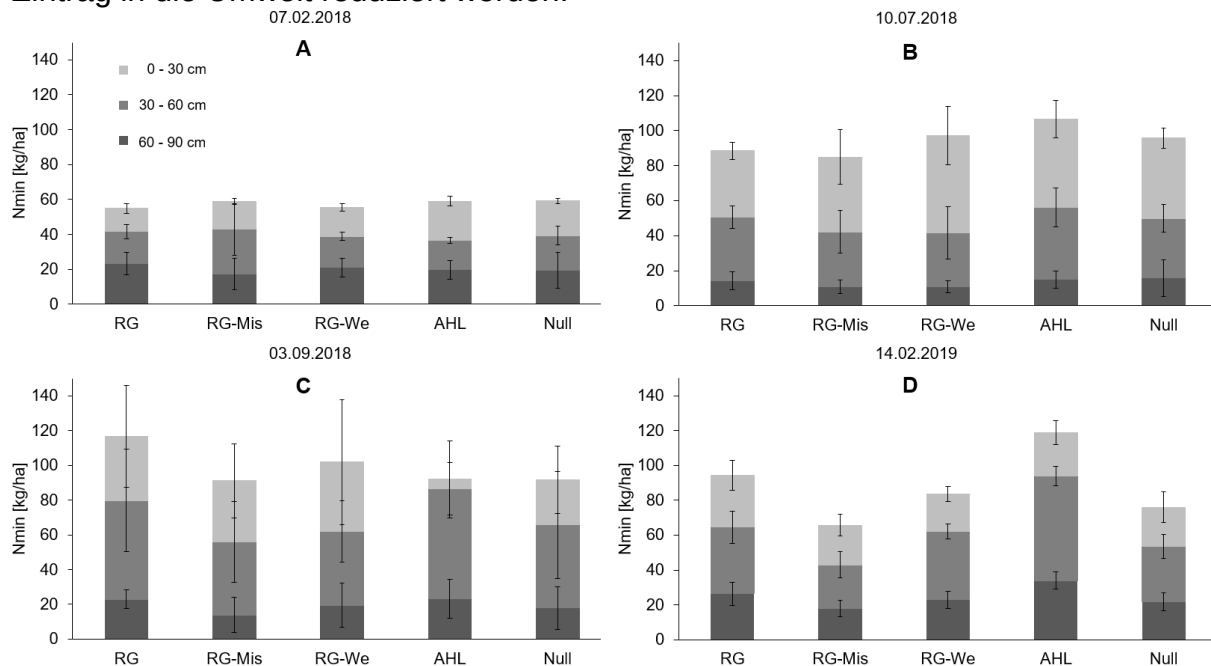


Abbildung 1: Gehalte des mineralisierten Stickstoffs (Nmin) in den Bodenschichten von 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm nach mehrmaliger Applikation von Rindergülle (RG), einer Mischung aus Rindergülle mit Miscanthus (RG-Mis), einer Mischung aus Rindergülle mit Weizenstroh (RG-We), einer Ammoniumnitratharnstofflösung (AHL) und einer ungedüngten Variante (Null) zu unterschiedlichen Beprobungszeitpunkten (s. Datum).

Literatur

- Aita, C., Recous, S., Cargnin, R., Helena O., da Luz, L., Giacomini, S. (2012). Impact on C and N dynamics of simultaneous application of pig slurry and wheat straw, as affected by their initial locations in soil. In: *Biology and Fertility of Soils* 48 (6), 633–642.
- Stotter, M., Hamer, M., Leitenberger, K., Völkening, G., & Pude, R. (2017). Nutzungsmöglichkeiten innerbetrieblich anfallender Wirtschaftsdünger mit Miscanthus. In: Pude (Hrsg.), *Bioökonomische Anwendungs- und Forschungsfelder bei Miscanthus* (33-41). Verlag: CentMa GmbH.

Prüfung verschiedener Schwefeldünger und Düngermengen im Klee gras und Bestimmung der Vorfruchtwirkung auf Winterweizen im ökologischen Landbau

Peer Urbatzka¹, T. Eckl¹, W. Miederer², A. Urgibl¹ und J. Uhl¹

¹Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Freising, ²Amt für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten, Würzburg; E-Mail: peer.urbatzka@LfL.bayern.de

Einleitung

Einen hohen S-Bedarf im ökologischen Landbau haben insbesondere feinsamige Leguminosen. In bisherigen Arbeiten wurden in Deutschland ausschließlich Sulfatdünger geprüft (z. B. Riffel et al. 2015, Böhm 2017). Daher wurde der Einfluss von S-Düngermittel, Düngerrhöhe und Düngungszeitpunkt in einem zweijährigen Klee gras untersucht und die Vorfruchtwirkung auf Winterweizen bestimmt.

Material und Methoden

Die Feldversuche wurden zu den Ernten 2013 bis 2018 auf vier Standorten in Bayern in einem Luzerne-Klee gras mit zwei Hauptnutzungsjahren (HNJ) und der nicht gedüngten Nachfrucht Winterweizen (cv. *Achat*; drei Orte) durchgeführt. Da je Ort die Fruchtfolge zweimal gesät wurde, lag die Anzahl der Umwelten für Klee gras bei acht und für Winterweizen bei fünf, da eine Umwelt nicht wertbar war. Das Luzerne-Klee gras war eine Mischung aus Luzerne, Rotklee, Weißklee und verschiedenen Gräsern (je nach Ort 55 bis 66 % Gewichtsanteil). Die Saat erfolgte im August/September vor dem ersten HNJ. Geprüft wurden neuen Varianten (Tab. 1). Bei einem Magnesiumgehalt kleiner 10 mg in 100 g Boden wurde ein Mg-haltiger Kalkdünger vor der Saat des Gemenges gestreut, um einen Einfluss durch Mg auszuschließen. Als Anlageform wurde eine Blockanlage angelegt (N=4).

Tab. 1: Kenndaten der Prüfvarianten

Dünger	Zeitpunkt d. Ausbringung	Menge (kg S/ha je HNJ)	Abkürzung
Magnesium-Sulfat	zeitiges Frühjahr	20, 40, 60 ¹	MgSO ₄
Calcium-Sulfat	zeitiges Frühjahr	40	CaSO ₄
elementarer Schwefel	Herbst	20, 40	S_He
elementarer Schwefel	zeitiges Frühjahr	40	S_Fj
elementarer Schwefel	Saat (Sommer), Herbst	2 x 20	S
ohne	-	-	ohne

¹ 60 kg nicht im ersten Jahr (Adjustierung der Daten nach Searle 1987 in der statistischen Auswertung), Herbst = Ausbringung im vorlaufenden Oktober

Ergebnisse und Diskussion

Im ersten HNJ des Klee grasses zeigte sich die schnellere Verfügbarkeit von Sulfatschwefel über signifikant höhere Erträge und einen signifikant höheren Rohproteingehalt im Vergleich zum elementaren Schwefel unabhängig vom Ausbringungstermin und der Düngungshöhe (Tab. 2). Elementarer Schwefel, welcher im Boden erst in die pflanzenverfügbare Sulfatform umgewandelt werden muss, erreichte einen signifikant höheren TM-Ertrag, aber keinen signifikant höheren RP-Gehalt oder RP-Ertrag im Vergleich zur Kontrolle. Im zweiten HNJ erzielte Klee gras in allen Varianten mit Düngung einen signifikanten Mehrertrag und eine signifikant höhere Qualität als in der Kontrolle (Tab. 2). Die Varianten mit Düngung unterschieden sich im zweiten HNJ nur beim S-Entzug signifikant. In der Nachfrucht Weizen wurde nach gedüngtem Klee gras ein signifikanter Mehrertrag im Vergleich

zur Kontrolle festgestellt (Abb. 1). Mit einer Ausnahme lagen keine Unterschiede zwischen den Varianten mit Düngung vor. Auch in der Backqualität lagen mit einer Ausnahme keine Unterschiede vor.

Tab. 2: Summe der Erträge und gewichtetes Mittel in Abhängigkeit der Düngung (relativ zur Kontrolle ohne Düngung)

Variante	1. HNJ				2. HNJ			
	TM-Ertrag (dt/ha)	RP-Gehalt (%)	RP-Ertrag (dt/ha)	S-Entzug (kg/ha)	TM-Ertrag (dt/ha)	RP-Gehalt (%)	RP-Ertrag (dt/ha)	S-Entzug (kg/ha)
MgSO ₄ (60)	116 A	110 A	127 A	159 A	113 A	107 A	121 A	196 A
MgSO ₄ (40)	118 A	109 A	128 A	158 A	115 A	107 A	122 A	179 B
CaSO ₄ (40)	114 AB	110 A	125 A	156 A	112 A	108 A	120 A	183 AB
MgSO ₄ (20)	114 ABC	107 A	121 A	139 B	112 A	105 A	117 A	156 C
S_He (40)	109 BC	103 B	111 B	117 CD	114 A	106 A	122 A	158 C
S (2x20)	109 BC	102 B	110 B	125 C	111 A	106 A	118 A	150 C
S_Fj (40)	108 BC	103 B	111 B	114 CD	111 A	104 A	116 A	152 C
S_He (20)	107 C	102 B	108 B	112 CD	110 A	104 A	115 A	130 D
ohne*	124,6 D	17,2 B	21,9 B	14,5 D	124,4 B	18,2 B	22,7 B	11,1 E

Mittel der 8 Umwelten; verschiedene Buchstaben = signifikante Unterschiede (SNK-Test, $p < 0,05$); Zahl in Klammer = Düngungsmenge in kg S ha⁻¹, * = Basis der Relativerträge ($\triangleq 100$ %) in dt ha⁻¹, TM = Trockenmasse, RP = Rohprotein; Abkürzung Variante siehe Tab. 1

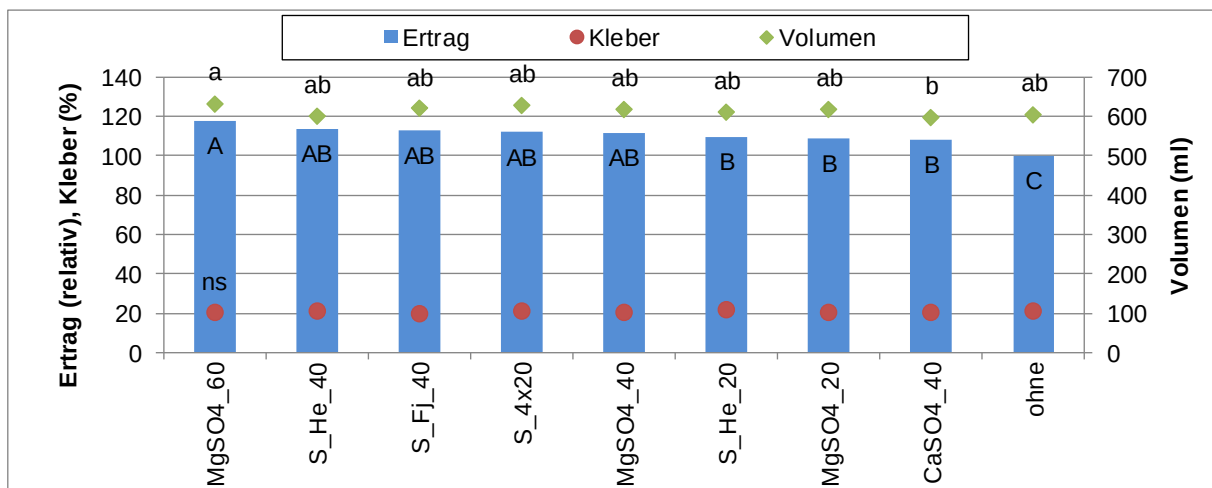


Abb. 1: Ertrag und Backqualität der Nachfrucht Winterweizen; Mittel von 5 Umwelten, Details siehe Tab. 1 und 2

Literatur

- Böhm H (2017) Die Wirkung einer Schwefeldüngung auf Ertrag und Qualitätsparameter von Klee grasbeständen im ersten und zweiten Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 14. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 32-35.
- Riffel A, Becker K & Leithold G (2015) Bemessung einer Schwefel-Düngung in einem Luzerne-Klee gras-Bestand im 2. Hauptnutzungsjahr. Beiträge zur 13. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau, 284-285.
- Searle SR (1987) Linear Models for Unbalanced Data. Wiley, New York, 536 S.

The effect of organic and inorganic fertilizers on nitrogen and phosphorus uptake and nutrient use efficiency in fenugreek-buckwheat intercrops

Aliyeh Salehi^{1,2}, Sina Fallah¹, Bano Mahdi², Reinhard W. Neugschwandtner² and Hans-Peter Kaul²

¹Faculty of Agriculture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran

²Division of Agronomy, Department of Crop Sciences, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Konrad Lorenz-Straße 24, 3430 Tulln, Austria

³Institute of Animal Nutrition and Functional Plant Compounds, Department for Farm Animals and Veterinary Public Health, University of Veterinary Medicine Vienna, Veterinärplatz 1, 1210 Vienna, Austria

*E-Mail corresponding author: aliyeh.salehi@boku.ac.at

Introduction

Intercrops and organic fertilizers can improve the productivity of cropping systems due to increased soil nutrient availability and plant nutrient use efficiency. Best agricultural management practices implemented in agricultural production systems can help to achieve efficient crop nutrient use as well as improve crop diversity in the landscape (Salehi et al., 2018). Intercropping is a widespread practice that has been successfully performed in most parts of the world and is also becoming more common in Europe (Yan et al. 2014). Intercropping with legumes has been found to increase the use of available N as well as macro- and micronutrients in crops and seeds (Neugschwandtner et al. 2016). Consequently, the nutrient use efficiency can be improved and fertilizer requirements of the main crops can be reduced compared with regular non-intercropped plant stands (Salehi et al., 2018). The application of organic fertilizers in a cereal-legume intercropping system showed significant positive effects on the crop N and P uptake, and nutrients use efficiency as compared to chemical fertilizers (Salehi et al., 2018). Therefore, the objectives of this study were to: (i) compare the application of different fertilizer types on the N and P uptake of buckwheat at flowering stage, (ii) quantify the N and P uptake of the sole and intercropped plants at harvest, (iii) calculate applied N use efficiency and applied N recovery efficiency in the intercropped plots.

Material and Methods

A two-year field experiment was conducted to determine the effects of different intercropping ratios and fertilizer types on nitrogen (N) and phosphorus (P) uptake (in plant and grain) and nutrient use efficiency of buckwheat at the research farm of Shahrekord University, Iran. The treatments consisted of sole cropping of buckwheat (B) and three intercropping ratios (F:B = 1:2, 1:1 and 2:1) under three fertilizer types: chemical fertilizer (CF), integrated fertilizer (IF) and broiler litter (BL). A comprehensive information on experimental set-up, management, sampling, seed analysis, determination of N and P concentrations and uptake and nutrient use efficiencies is provided in Salehi et al. (2017 and 2018)

Results and Discussion

The results showed that, at flowering and at harvest, intercropping increased N and P uptake. The applied N use efficiency (ANUE) and applied N recovery efficiency (ANRE) in the intercropped plots were also higher as compared to sole cropping. This study showed that a 2:1 fenugreek-buckwheat intercropped system with the application of IF and BL can successfully be implemented for improving N and P

uptake of buckwheat compared with sole cropping plus CF under semi-arid growing conditions. Advantages of intercropping cereals with legumes are attributed to a more efficient utilization of resources such as nitrogen, by improving the soil fertility by increasing N available for plant uptake through biological fixation (Musa et al. 2010). Increasing the efficiency of nitrogen and phosphorus use in fenugreek and buckwheat by intercropping in semi-arid areas can also minimize losses of these nutrients.

References

- Musa M, Leitch MH, Iqbal M, Sahi FUH (2010) Spatial arrangement affects growth characteristics of barley-pea intercrops. *Int J Agric Biol* 12: 685-690.
- Neugschwandtner RW, Kaul H-P (2016) Concentrations and uptake of macronutrients by oat and pea in intercrops in response to N fertilization and sowing ratio. *Arch Agron Soil Sci* 62(9): 1236-1249.
- Salehi A, Fallah S, Kaul H-P (2017) Broiler litter and inorganic fertilizer effects on seed yield and productivity of buckwheat and fenugreek in row intercropping. *Arch Agron Soil Sci.* 63:1121-1136.
- Salehi, A., Mehdi, B., Fallah, S., Kaul, H.P., Neugschwandtner, R.W. (2018) Productivity and nutrient use efficiency with integrated fertilization of buckwheat–fenugreek intercrops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 110: 407-425.
- Yan S, Du X, Wu F, Li L, Li C, Meng Z (2014) Proteomics insights into the basis of interspecific facilitation for maize (*Zea mays*) in faba bean (*Vicia faba*)/maize intercropping. *J Proteomics* 109: 111-124.

Einfluss von Small Molecules auf die Blattseneszenz sowie das Spross- und Wurzelwachstum junger Gerstenpflanzen (*Hordeum vulgare*) unter Stickstoffmangel

Tobias Kirschke¹, Juliane Zill², Heike Hahn³, Jan Rücknagel⁴ und Olaf Christen⁴

¹Agrochemisches Institut Piesteritz e.V. (AIP), AN-Institut der MLU Halle-Wittenberg, Lutherstadt Wittenberg. ²Institut für Biologie, Professur Pflanzenphysiologie, MLU Halle-Wittenberg, Halle/Saale

³SKW Stickstoffwerke Piesteritz GmbH, Landwirtschaftliche Anwendungsforschung, Cunnersdorf.

⁴Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, MLU Halle-Wittenberg, Halle/Saale. E-Mail: tobias.kirschke@landw.uni-halle.de

Einleitung

Das Absterben von Blättern, die sog. Seneszenz, ist ein hochkomplexer, stark kontrollierter Prozess, bei dem Stickstoff (N)-Ressourcen von älteren hin zu jüngeren Blättern verlagert werden (Gregersen, 2011). Stressbedingungen, wie N-Mangel oder Trockenheit, führen zu einer stressinduzierten verfrühten Blattseneszenz, verbunden mit ineffizienten Recycling-Prozessen und Ertragsverlusten (Havé et al., 2017). Einen innovativen Lösungsansatz zur Verzögerung der Seneszenz und damit zur Verbesserung der N-Effizienz bieten Small Molecules (SM) als aktive Substanzen, welche gezielt die Aufnahme und Umsetzung des N innerhalb der Pflanze steuern können (Hicks, Raikhel, 2012). Daher war das Ziel dieser Studie, Substanzen mit positiven Wirkungen auf die Blattseneszenz sowie auf das Spross- und Wurzelwachstum bei reduzierter N-Versorgung zu identifizieren.

Material und Methoden

In einem Phytokammer-Screening wurde Sommergerste (*Hordeum vulgare*) der Sorte Despina hydroponisch in Hoaglandlösung unter optimaler (HN; 7 mM N) und mangelnder N-Versorgung (LN; 0,7 mM N) für 32 Tage kultiviert. Das kontinuierlich belüftete Nährmedium, in dem 10 Pflanzen je Schale wuchsen (n=6), und die zugegebenen SM wurden jeweils zweimal wöchentlich gewechselt. Die geprüften SM Isonicotinamid (INAD; Exp. 1) und Monoethanolamin (MEA; Exp. 2) wurden in zwei separaten Versuchen jeweils der LN-Variante in den Konzentrationen 0,1 und 10 µM hinzugegeben. Zur Charakterisierung der Seneszenz wurde jeden zweiten Tag, unter Verwendung der Mini-PAMs (Walz GmbH, Germany), die Photosystem (PS)II-Effizienz der Primärblätter bestimmt. Als Bezugsgröße der Seneszenzverzögerung durch SM wurde der Zeitpunkt gewählt, an dem die Primärblätter nur noch die halbe maximale PSII-Effizienz (0,4 Fv/Fm) erbrachten. Im Anschluss an die Wurzellängenbestimmung der geernteten Pflanzen mittels der Software WinRHIZO[®] (Regent Instr. Canada Inc., 2013), wurden Spross und Wurzel für 48 h bei 65 °C getrocknet und deren Trockenmassen (TM) erfasst. Die Bewertung der Substanzen erfolgte hinsichtlich ihres Vermögens, die durch N-Mangel induzierte Blattseneszenz zu beeinflussen und entsprechend auf die ober- und unterirdische Pflanzenentwicklung einzuwirken.

Ergebnisse und Diskussion

Die PSII-Effizienz der Primärblätter aller Varianten unterschieden sich in beiden Versuchen innerhalb der ersten 16 d nach der Aussaat (das) nicht voneinander (Abbildung 1A & B). Ab 18 d nahm die PSII-Effizienz aller LN-Varianten ab, sodass die Primärblätter dieser Behandlungen nach spätestens 24 (Abb. 1A) bzw. 28 d (Abb. 1B) vollständig abgestorben waren. Unter optimaler N-Versorgung (HN) trat dies 8 bzw. 6 Tage später ein. Die Applikation von INAD und MEA unter N-Mangel verzögerte die Primärblattseneszenz gegenüber LN ohne SM um je 4 % (≈ 0,3 d) bei 0,1 µM und um 20 % (≈ 1,3 d) bzw. 4 % (≈ 0,4 d) bei 10 µM. Die Spross-TM der

Prüfglieder mit SM waren um 2 – 8 % erhöht, während die absoluten Wurzellängen und Wurzel-TM um bis zu 13 % gesteigert wurden (Tab. 1). Eine komfortablere N-Versorgung bei HN äußerte sich im Vergleich zu LN in signifikant höheren Spross-TM und Wurzellängen, wobei der Effekt auf die Wurzel-TM deutlich geringer war.

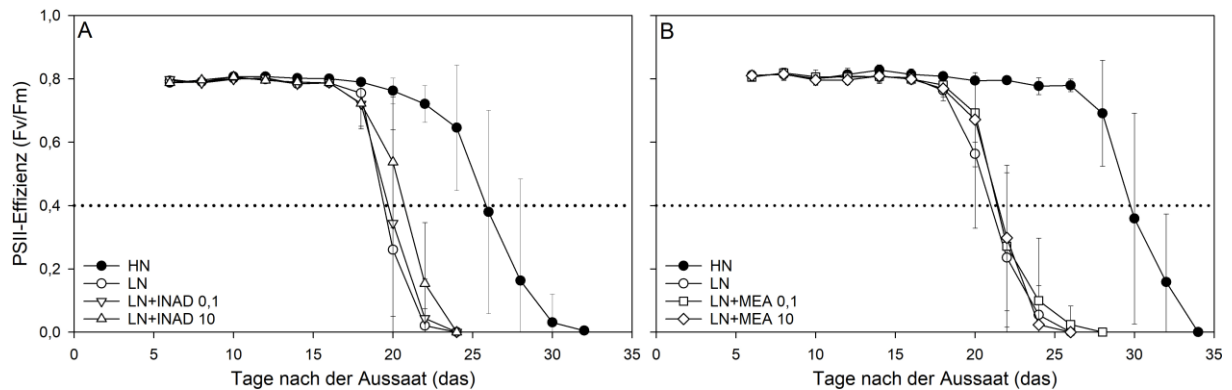


Abbildung 1: Verlauf der PSII-Effizienz der Primärblätter in Abhängigkeit von der N-Konzentration (HN=7 mM N; LN=0,7 mM N) sowie der Applikation von (A) Isonicotinamid (INAD) und (B) Monoethanolamin (MEA) in den Konzentrationen 0,1 und 10 µM. Die gestrichelten horizontalen Linien entsprechen der halben maximalen PSII-Effizienz bei 0,4 Fv/Fm. Die Fehlerbalken bilden die Standardfehler der Mittelwerte ab (n=20).

Tabelle 1: Absolut- und Relativwerte (rel. zur N-Mangelvariante (LN)) für Spross-Trockenmassen (TM), Wurzellängen und Wurzel-TM in Abhängigkeit von der N-Konzentration (HN=7 mM N; LN=0,7 mM N) sowie der Applikation von Isonicotinamid (INAD) und Monoethanolamin (MEA) in den Konzentrationen 0,1 und 10 µM. Differente Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede zwischen den Varianten eines Versuchs (t Test; p<0,05).

Variante	Konzentration		Spross-TM		Wurzellänge		Wurzel-TM	
	N (mM)	SM (µM)	absolut (mg Pflanze ⁻¹)	rel. zu LN (%)	absolut (m Pflanze ⁻¹)	rel. zu LN (%)	absolut (mg Pflanze ⁻¹)	rel. zu LN (%)
HN	7		480,0 a	143	37,3 a	158	106,7 a	112
LN	0,7		334,6 b	100	23,6 b	100	95,1 a	100
INAD	0,7	0,1	346,2 b	103	25,8 b	110	104,6 a	110
	0,7	10	360,3 b	108	24,9 b	105	107,8 a	113
HN	7		390,6 a	116	35,2 a	132	115,2 a	108
LN	0,7		336,3 b	100	26,7 b	100	106,5 a	100
MEA	0,7	0,1	343,2 b	102	27,4 b	103	109,3 a	103
	0,7	10	345,9 b	103	28,9 b	108	114,6 a	108

Die Zugabe von SM unter N-Mangel führte in beiden Versuchen neben einer verlängerten stay-green Phase der Primärblätter auch zu einem tendenziell verbesserten Spross- und Wurzelwachstum. Angesichts höherer Wurzel-Spross-Verhältnisse in diesen Prüfgliedern (Daten nicht angegeben) wirkten sich die Substanzen v.a. auf die Wurzelentwicklung der Pflanzen positiv aus.

Literatur

Gregersen, P. L., 2011: Senescence and nutrient remobilization in crop plants. In: Molecular Basis of Nutrient Use Efficiency in Crops, Wiley-Blackwell, 83–102.

Havé, M., A. Marmagne, F. Chardon, C. Masclaux-Daubresse, 2017: Nitrogen remobilization during leaf senescence: lessons from Arabidopsis to crops. Journal of experimental botany 68 (10), 2513–2529.

Hicks, G. R., N. V. Raikhel, 2012: Small molecules present large opportunities in plant biology. Annual review of plant biology 63, 261–282.

Die finanzielle Förderung des Projektes erfolgte aus Mitteln des Landes Sachsen-Anhalts sowie des Europäischen Struktur- und Investitionsfonds.

Effect of fertilizers and weather on yield of spring barley in a long-term field experiment in Northeast Germany

Thi Huyen Thai^{1,2}, Dietmar Barkusky¹, Carsten Hoffmann¹
and Sonoko Dorothea Bellingrath-Kimura^{1,2}

¹Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Eberswalder Str. 84, 15374 Müncheberg, Germany; ²Institute of Agriculture and Horticulture, Faculty of Life Science, Humboldt University of Berlin, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin, Germany. E-Mail: huyen.thai@zalf.de

Introduction

Favourable weather condition and a balanced nutrient supply ensure high crop yields. However, the interaction between different fertilization regimes and weather variability on crop yield is a challenge that requires further investigations. In this study, the yield data for spring barley (SB) of the agricultural long-term field experiment (LTFE) in Müncheberg, northeast Germany, were analyzed to reveal the effects of 21 fertilizer regimes and weather conditions on SB yields.

Material and Methods

The data were collected from the LTFE “V140”, which was established in 1963 in Müncheberg, Germany, which is approximately 50 km East of Berlin. The soil type was classified as a Podzoluvisol to Arenosol. The experiment followed a randomized complete block design with 21 treatments (including a control) with eight replications. The plot size was 30 m² (6.0 m × 5.0 m). Spring barley was sown from early to mid-April and was commonly harvested at the end of July to the beginning of August. The experimental period was separated into two distinct periods: (1) six SB seasons from 1976 to the period before 2000, where farmyard manure (fym) was applied every two years to sugar beet fields (preceding crop), and (2) three SB seasons from 2000 to 2016, where fym was amended every four years to potato fields (preceding crop). Straw was applied every two years throughout both periods. The treatment includes five different rates of mineral nitrogen fertilizer (MN) with four organic fertilizer (OR) regimes: (i) no OR, ii) 1.2 t dry mass (DM) ha⁻¹ yr⁻¹ farmyard manure (= fym1), iii) 3.2 t DM ha⁻¹ yr⁻¹ farmyard manure (= fym2), and iv) 2.0 t DM ha⁻¹ yr⁻¹ straw. For the control (no fertilization), five MN rates 25, 50, 75, 100, and 125 kg ha⁻¹ N were applied. Analysis of variance (ANOVA) was used to estimate SB yield variation due to the effects of treatment, year (annual weather conditions) and interaction effects between year and treatment by using a general linear model. A multiple linear regression model (MRM) was used to evaluate the SB yield data as a function of weather parameters.

Results and Discussion

Spring barley yield under different fertilizer regimes and weather conditions

SB yields were significantly affected by fertilization regimes, annual weather conditions and their interaction effect. A suitable combined application of mineral nitrogen and organic fertilizer was more effective on higher SB yields than the application of either mineral nitrogen or organic fertilizer alone. Consistent with other findings (Fernandez-Getino et al., 2015), our data showed that the average SB yield in the best fertilizer treatment (NPK+fym2) was significantly different from that in some other treatments in the years (1980 and 1990) with greater precipitation during the growing season. These findings can be attributed to the effect of fertilization on the crops under water and temperature stress conditions (Freckleton et al., 1999).

Greater total precipitation during the growing season (April-July) increased SB yields, while at the early growth stage, a greater precipitation rate (March) and high temperature (April or sowing day) negatively affected SB yield. The weather conditions during the early growing stages are key determinants of the germination and emergence of a crop, which determine the crop yield (Hakala et al., 2012).

The coefficients of variation indicated that the higher the amount of fertilizer applied to SB, the less sensitive the yield responses to the weather conditions it became. This is consistent with findings from Macholdt et al. (2019), who noted that a stable supply of nutrients to crops could improve not only their grain yield but also their yield stability.

The trend of spring barley yield

The SB yields in the fertilizer treatment fluctuated in the first seasons but generally declined until 2000 (in period (1)), when the yield increased for two consecutive seasons. The trend was similar in the control, but with a much smoother gradual decrease until 2000 and later increases in SB yield. Due to fluctuations in precipitation among growing seasons in period (1), SB yields in the fertilizer treatment also fluctuated and declined until 2000, the year that was also the driest. Similarly, the yield in the control gradually declined over time until 2000. All the treatments in period (1) were preceded by sugar beet. However, the SB yield for all treatments increased in period (2), for which the preceding crop was changed to potato. Thus, the interaction of a preceding crop with weather and fertilizer management was regarded as an additional important factor influencing the yield trends over the long term between the two periods. Generally, sugar beet produced higher yields ($21 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in unfertilized/ control and approximately $46 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in fertilizer treatment) than potato (approx. $13 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ in unfertilized/ control and $29 \text{ t ha}^{-1} \text{ yr}^{-1}$ on fertilizer treatments). Hejcman and Kunzová (2010) reported that the yield level of the preceding crop is an important determinant of the successive crop yield. Thus, the higher overall biomass yields of sugar beet than of potato can be directly implicated in the diminishing and increasing trends of SB yield over time. Sugar beet used as a preceding crop resulted in excessive uptake of nutrients and moisture in the soil, which limited the growth of SB as a succeeding crop.

Literature

- Fernandez-Getino, A. P., Santin-Montanya, M. I., Zambrana, E., de Andres, E. F., and Tenorio, J. L. (2015). The response of barley to rainfall and temperature in different tillage and crop rotation systems in semi-arid conditions. *Annals of Applied Biology*, 166, 143-153.
- Freckleton, R. P., Watkinson, A. R., J. Webb, D., and Thomas, T. H. (1999). Yield of sugar beet in relation to weather and nutrients. *Agricultural and Forest Meteorology*, 93, 39-51.
- Hakala, K., Jauhiainen, L., Himanen, S. J., RÖTter, R., Salo, T., and Kahiluoto, H. (2012). Sensitivity of barley varieties to weather in Finland. *The Journal of Agricultural Science*, 150, 145-160.
- Hejcman, M., Kunzova, E. (2010). Sustainability of winter wheat production on sandy-loamy Cambisol in the Czech Republic: Results from a long-term fertiliser and crop rotation experiment. *Field Crops Research*, 115 (2) 191-199.
- Macholdt, J., Piepho, H.-P., and Honermeier, B. (2019). Mineral NPK and manure fertilisation affecting the yield stability of winter wheat: Results from a long-term field experiment. *European Journal of Agronomy*, 102, 14-22.

Drohnengestützte Optimierung der N-Düngung von Winterraps

Josephine Bukowiecki und Henning Kage

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

Einleitung

Raps ist eine der bedeutsamsten Feldfrüchte Deutschlands, jedoch kritisch im Hinblick auf seine N-Bilanzüberschüsse. Optimale Düngemenge und vorwinterliche N-Aufnahme korrelieren im Winterraps eng miteinander (Henke et al., 2009). Hierdurch ergibt sich die Möglichkeit, über die multispektrale Erfassung der N-Menge im Bestand (Müller et al., 2008) die N-Düngung teilflächenspezifisch anzupassen (Pahlmann et al., 2017).

Jedoch ist gerade im fraglichen Zeitraum (Mitte November - Anfang Dezember) die Datenerhebung aufgrund mangelnder Befahrbarkeit mit der etablierten, traktor-basierten Technik schwierig. Fernerkundungssysteme könnten das Potential haben, diese Datenlücke zu schließen. Vor dem Hintergrund der sich derzeit rapide entwickelnden Drohnentechnologie, könnten neben Satellitendaten auch Drohrendaten eine Alternative bieten.

Material und Methoden

Im Herbst 2017 und 2018 wurde in Winterrapsbeständen parallel destruktive Probenahmen und Drohnenbefliegungen zur Erhebung von Multispektraldaten (Sequoia von ParrotTM) durchgeführt. Untersucht wurde, ob empirische Regressionsgleichungen zwischen Vegetationsindizes und N-Menge genutzt werden können, um die vorwinterliche N-Aufnahme auf Betriebsschlägen zu erfassen. Auf der Grundlage dieser drohnen-basierten Datenerhebung und dem Düngealgorithmus von Pahlmann et al. (2017) sollten Düngeversuche angelegt werden. Schwierige Etablierungsbedingungen verhinderten jedoch die Anlage von Versuchen in der Saison 2017/18. In der Saison 2018/19 wurden hingegen auf mehreren Betriebsschlägen Streifenversuche angelegt, deren Ernteergebnisse jedoch momentan noch ausstehen.

Zudem wurden die Methoden der Drohnen- und der Satelliten (Sentinel 2)-gestützten Datenerhebung miteinander verglichen - in Bezug auf ihre witterungsbedingten Zeitfenster und die Informationsgüte der resultierenden Daten.

Ergebnisse und Diskussion

Es zeigte sich eine enge Korrelation zwischen drohnen-basiert gewonnenen Spektraldaten und N-Aufnahme. Eine terminspezifische Verschiebung dieses Zusammenhangs machte es jedoch problematisch eine allgemein anwendbare Kalibration zu erstellen. Eine weiterführende Analyse ergab, dass die Spektalkamera nur bei Einstrahlungsbedingungen über 125 W/m² eine über verschiedene Termine hinweg stabile Ergebnisse liefert, die ohne eine jeweilige destruktive Beprobung in N-Aufnahmekarten umgerechnet werden können (Abbildung 1).

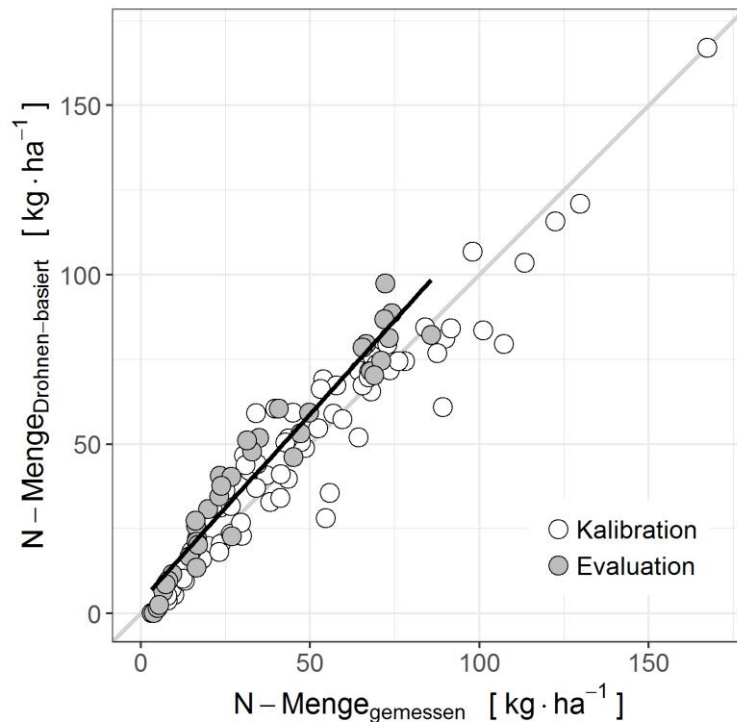


Abb. 1: Korrelation von gemessener und berechneter N-Menge (Vegetationsindex: Nahes Infrarot/ Rot, Sonneneinstrahlung > 125 W/m²).

Eine Analyse der Witterungsbedingungen im Herbst 2017 & 2018 zeigte, dass trotz dieser Einschränkung, in jedem der beiden Jahre mehrere Termine zur drohnen-basierten Erfassung der vorwinterlichen N-Aufnahme gegeben waren (2017: an 8 Tagen, 2018: an 12 Tagen).

Eine vergleichende Betrachtung für die satelliten-gestützte Datenerhebung ergab, dass aufgrund der im Herbst häufig hohen Wolkenbedeckung nicht sicher Spektraldaten bereitgestellt werden können. Zudem zeigte sich im Vergleich der Satellitendaten mit drohnen-basiert gewonnenen N-Aufnahmekarten, dass die Satellitendaten die Bestandesvariation nicht im vollen Umfang abbilden. Außerdem scheint es eine terminspezifische Verschiebung des Zusammenhangs von spektraler Reflexion und N-Aufnahme zu geben. Inwiefern Satellitendaten ausschließlich oder als Ergänzung zu Drohrendaten als Informationsquelle genutzt werden können, muss daher weiterführend untersucht werden.

Literatur

- Henke J., Sieling K., Sauermann, W., Kage H., 2009. Analysing soil and canopy factors affecting optimum nitrogen fertilization rates of oilseed rape (*Brassica napus*). *The Journal of Agricultural Science*, 147(1), 1-8.
- 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(2), 172-182.
- Pahlmann I., Böttcher U., Kage H., 2017. Developing and testing an algorithm for site-specific N fertilization of winter oilseed rape. *Computers and Electronics in Agriculture* 136, 228-237.

Analysing the effects of biogas production on agricultural land-use based on satellite imagery and IACS data - A case study in northern Hesse

Isaac Kyere, Thomas Astor, Rüdiger Graß, Thomas Fricke and Michael Wachendorf

Universität Kassel, Grassland Science and Renewable Plant Resources,
Witzenhausen; E-Mail: isaac.kyere@uni-kassel.de

Introduction

The negative effects associated with fossil energies have promoted investments in alternative renewable energy sources such as those from biogas plants. For instance, Germany has made various interventions to promote renewable energies through the enactment and several amendments of the Renewable Energy Source Act (EEA). The EEA has caused biogas production to be dependent on crops for biomass, with maize being the largest share, given its comparatively high energy yield per hectare. The growing demand for maize silage for the increasing capacities of biogas plants has been a worrying concern in Germany, given the negative effects associated with continuous maize cropping (e.g. biodiversity loss). Thus, it is important to assess the long-term effects of the increasing biogas investments on agricultural lands. The InVekos data, supplied by farmers as part of the subsidy system of the EU gives yearly information about the cultivated crops on each field, which is a rich data source for studies pertaining to agricultural lands. However, the data is only collected since 2005, which makes it difficult to analyse the contribution of maize before this time. A land-cover classification based on remote sensing data offers great potential to fill this gap. The Landsat satellite system, which is the longest earth observation program (since 1976), provides the largest archive of remote sensing data on the earth. A combination of satellite imagery and IACS data offers the opportunity for a historical impact assessment of increasing biogas capacity on agricultural lands. The aims of this study are: a) to assess the agricultural land-cover change of Northern Hesse from 2000 to 2015, b) to evaluate the effect of biogas capacity on the proportion of maize area in the study area.

Material and Methods

Since InVekos data is only available from 2005 until today Landsat surface reflectance data of the year 2000 was used for the identification of the land-cover type. For this classification, a multiple-year (data from six years) classification model [1] in combination with InVekos data from 2005 was used. The classification model was applied to the Landsat images of 2000 to classify them into four land-cover types, which are grassland, maize, summer and winter crops. The InVekos data of 2015 were grouped into the same crop types as predicted by the model, and the percentage share of each land-cover type between 2000 and 2015 was calculated. In assessing whether the change of the maize area is a result of biogas plants, the data of biogas plants in Northern Hesse were obtained. The mean biogas capacity of each of the 117 municipalities of the study area was extracted. Mean elevation and slope obtained from a digital elevation model, were also extracted for each municipality since they affect agricultural practices and thus the development of agricultural land-cover. Multiple linear regression with the percentage of maize area per municipality as response variable and capacity, elevation and slope per municipality as predictors were used to assess the effect on the change in maize area.

Results and Discussion

The land-cover change analysis resulted in a -5.7% and -5.8% decrease in the share of grassland and summer crops respectively, while the area of maize (+2.2%) and winter crops (+9.2%) increased within the 15-year period of study (Figure 1). Our results confirm the nation-wide trends of agricultural land-cover change, particularly the decreasing grassland and the increasing share of maize relative to the total agricultural land. But the increase in maize area is comparatively low compared to other regions of Germany, given the low increase of biogas capacities in Northern Hesse.

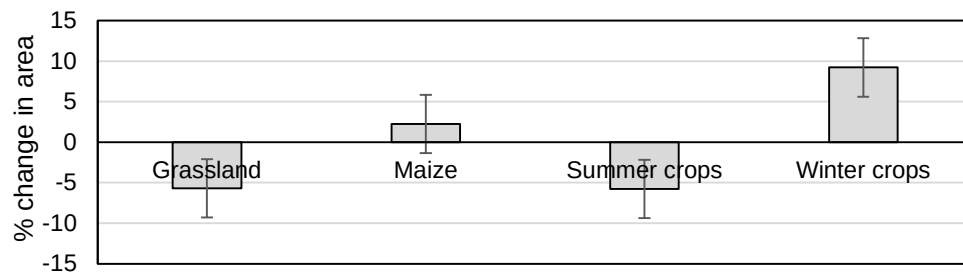


Figure 1. The percentage change of each land-cover from 2000 to 2015

Furthermore, the results of the multiple linear regression model depict the capacity of a biogas plant as a significant driver (p -value < 0.001) of the change in maize area. Similarly, elevation was also found to be a determinant of the maize area change with a $p < 0.01$. As represented in figure 2, the change of the maize area increased with increasing capacity, this means that the higher the capacity of a biogas plant, the more the area needed to cultivate maize, thereby causing an increase in the percentage share of maize. Conversely, the percentage share of maize increased as elevation decreased (Fig. 2). This was expected given that the favourable conditions necessary for arable cropping are found at lower elevations of the study area. It can, therefore, be concluded that change of area is driven by the investment in biogas capacities.

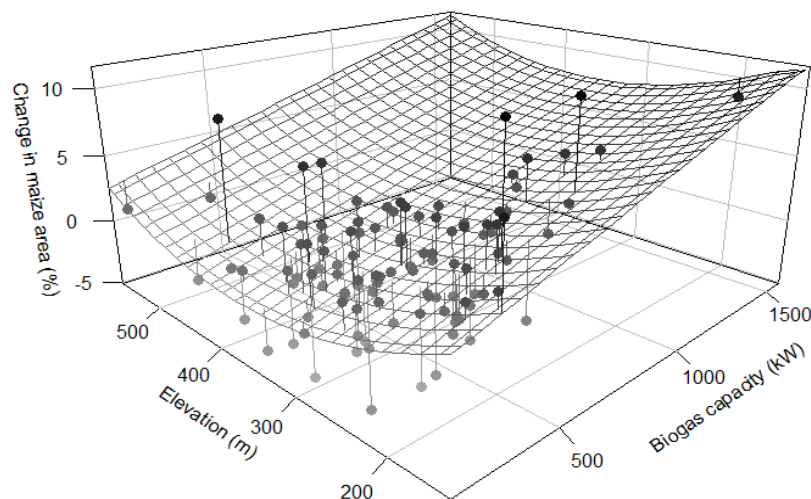


Figure 2. Relationship between the change in maize area and the mean biogas capacity and elevation per municipality based on a multiple linear regression model. The dots represent the observed data.

Literature

1. Kyere, I.; Astor, T.; Graß, R.; Wachendorf, M. Multi-temporal Agricultural Land-Cover Mapping Using Single-Year and Multi-Year Models Based on Landsat Imagery and IACS Data. *Agronomy* 2019, 9, 309

Charakterisierung des Biomassestatus sowie der Stickstoffaufnahme von Mais als Voraussetzung für eine sensorgestützte teilflächenspezifische Düngung

J. Weng, F.-X. Maidl und K.-J. Hülsbergen

Lehrstuhl Ökologischer Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München, Liesel-Beckmann-Str. 2, 85354 Freising

Einleitung

Viele landwirtschaftliche Flächen zeigen eine mehr oder weniger hohe Heterogenität der Böden. Dies führt zu unterschiedlichen Erträgen und unterschiedlicher Nährstoffaufnahme. Bei einheitlicher Düngung kommt es so zu einer Überversorgung im Niedrigertragsbereich und einer entsprechenden Unterversorgung im Hohertragsbereich. Beides, Über- wie auch Unterversorgung haben entsprechende ökologische und ökonomische Nachteile zur Folge. Eine mögliche Lösung dieses Problems bietet die sensorbasierte teilflächenspezifische Düngung, wie sie bereits erfolgreich bei Winterweizen praktiziert wird (Link et al. 2002; Philips et al. 2004, Maidl 2011). Mais ist nach Winterweizen die Kultur der größten Anbaufläche in Deutschland. Zudem ist Maisanbau häufig mit der Anwendung hoher Mengen organischer Dünger verbunden. Auch hier besteht ein großes Potential der Erhöhung der N-Effizienz.

Material und Methoden

In 2018 wurden Stickstoffdüngungsversuche auf drei verschiedenen Standorten unterschiedlicher Ertragsfähigkeit der Technischen Universität München durchgeführt. Es handelte sich um 2-faktorielle Versuche mit differenzierter N-Menge (0-250 kg N/ha) und unterschiedlicher Terminierung der Düngung (zur Saat, bei 20 cm Wuchshöhe, bei 50 cm Wuchshöhe).

Zu elf Terminen während der Vegetationsperiode wurden Pflanzenproben gewonnen und Reflexionsmessungen durchgeführt. An den Pflanzenproben wurde der Trockenmasseertrag, der N-Gehalt, die N-Aufnahme und die Wuchshöhe bestimmt. Die Reflexionsmessungen erfolgten mit einem handgehaltenen Spektrometer mit einem Messbereich von 350 – 1050 nm bei einer Auflösung von 3.2 nm. Aus diesen Reflexionsdaten wurden folgende Vegetationsindices errechnet: REIP, NDVI, IR/R, IR/G, IRI 1, (740/730), IRI 2 (740/720), SAVI, NDI 1 (750/780), NDI 2 (780/740), SR 1 (740/780), SR 2 (780/740) und Yara-ALS.

Ergebnisse und Diskussion

Zu frühen Entwicklungsstadien (20 cm Wuchshöhe) wurden lediglich niedrige Korrelationen zwischen Biomassebildung, N-Gehalt und N-Aufnahme zum Ertrag bei der Siloreife ermittelt. Mit zunehmender Pflanzengröße nahmen die R^2 -Werte jedoch zu. Bei 50 cm Wuchshöhe wurden für Biomasse und N-Gehalt R^2 -Werte von 0,5 bis 0,6 zum Silo-TM-Ertrag ermittelt. Für die N-Aufnahme bei 50 cm Wuchshöhe und dem Siloertrag errechneten sich sogar R^2 -Werte von 0,7.

Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang des Vegetationsindex IRI 2 (740/720) und der Biomassebildung für die ersten drei Beprobungstermine. Wegen der kleinen Pflanzen und des dadurch geringen Bodendeckungsgrads war nur ein schwacher

Zusammenhang zwischen Spektralmessungen und der Biomassebildung der Maispflanzen zu beobachten. Mit zunehmender Pflanzengröße stiegen die Bestimmtheitsmaße zwischen IRI 2 und Biomassebildung N-Aufnahme des Mais stark an. Bei 50 cm Wuchshöhe errechnete sich mit $R^2=0,83$ sogar ein sehr hohes Bestimmtheitsmaß. Neben der Zunahme des Bestimmtheitsmaßes zeigt sich eine starke Stadienabhängigkeit der Schätzgleichung Vegetationsindex und Biomassebildung.

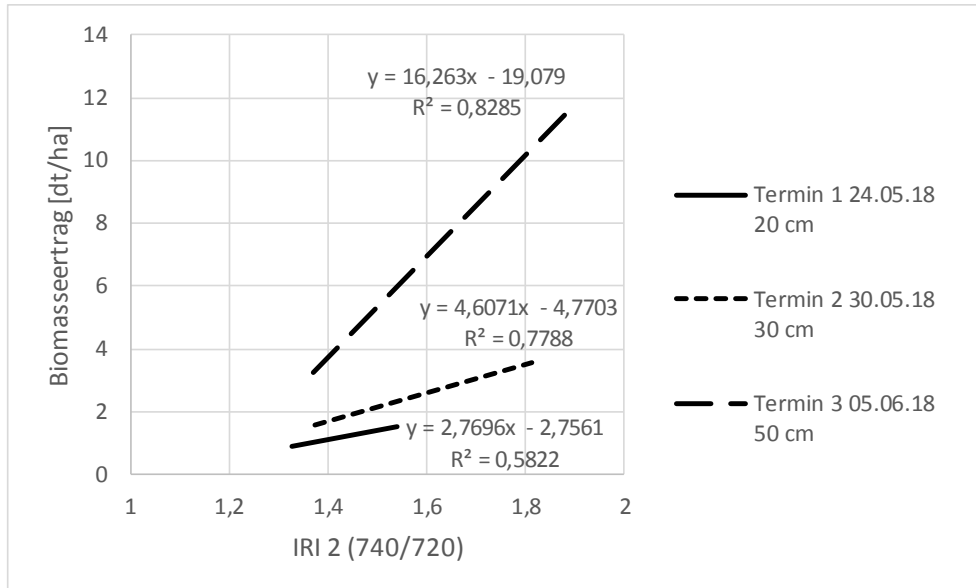


Abbildung 1: Beziehung zwischen IRI 2 (740/720) und der Biomassebildung von Mais zu frühen Entwicklungsstadien

Die Ertragsergebnisse zeigten für hohe Erträge ist eine gewisse N-Versorgung zur Saat notwendig. Es ist jedoch auch möglich bis 50 cm Wuchshöhe eine ergänzende Nachdüngung vorzunehmen ohne Ertragsverluste befürchten zu müssen. Dies sind gute Voraussetzungen um auch bei Mais eine sensorgestützte Teilschlagdüngung durchführen zu können.

Literatur

- Maidl, F.-X., 2011: Method for Ascertaining the Fertilizer Requirement, in Particular the Nitrogen Fertilizer Requirement, and Apparatus for Carrying out the Method. Patent No.: DE 10 2011 001 096.3.
- Link, A., Panitzki, M., Reusch, S. (2002). Hydro-N-Sensor: Tractor-Mounted Remote Sensing for Variable Nitrogen Fertilization. Proceedings of the 6th International Conference on Precision Agriculture and Other Precision Resources Management, Minneapolis, MN. USA, 1012-1017.
- Philips, S., Keathy, D., Warren, J., Mullins, G. (2004). Estimating Winter Wheat Tillers Density Using Spectral Reflectance Sensors for Early-Spring, Variable-Rate Nitrogen Applications. Agronomy Journal, 96, 591-600.

Drohnenbasierte Phänotypisierung von Rapsbeständen hoher Stickstoffnutzungseffizienz im Feldversuch mit verschiedenen Düngestufen (ModelLowN)

Björn Reddersen und Henning Kage

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

Einleitung

Winterraps weist eine vergleichsweise geringe Stickstoffnutzungseffizienz auf. Im Verbundprojekt ModelLowN soll durch die Kombination von Genotypisierung und drohnengestützter Phänotypisierung einer nested association mapping (NAM) Population von Winterrapshybriden die modellgestützte Züchtung von ertragreicheren und stickstoffeffizienteren Sorten unterstützt werden. Im Projekt werden unter anderem repetitive Drohnenflüge und spektrale Reflexionsmessungen eingesetzt, um vegetationsbegleitend das Wachstum der Population zu erfassen. Hierbei ist insbesondere die Messung der spektralen Reflektion geeignet, um N-Aufnahme, Blattflächenindex und Biomasse im Feldversuch zu schätzen (Müller et al., 2008). Der Beitrag liefert die ersten Ergebnisse der spektralen Messungen vom Herbst bis EC 59 der zweijährigen Feldversuche. Zur Kalibrierung von Sensoralgorithmen und Ermittlung verschiedener Vegetationsindices sowie zur Generierung von Basisdaten für die spätere Modellierung des Ertrags wurden acht Raps-Genotypen von hoher N-Verwertungseffizienz in fünf N-Stufen angebaut und parallel zu den Drohnenflügen destruktiv beprobt. Aus den Ergebnissen des Vorhabens kann mittel-bis langfristig ein erheblicher Beitrag zur Reduktion der THG-Emissionen im Rapsanbau erwartet werden, da durch Züchtungsfortschritt eine Verbesserung der Stickstoffeffizienz erreicht werden kann (Stahl et al., 2019), wodurch über einen geringeren N-Düngeraufwand die CO₂-Emissionen als auch direkte Nacherntelachgasemissionen indirekte Lachgasemissionen durch Nitratauswaschung vermindert werden.

Material und Methoden

Im Herbst 2018 und Frühjahr 2019 wurden auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel in einem N-Steigerungsversuch mit verschiedenen Raps-Genotypen von hoher N-Verwertungseffizienz (Variationen in Genotyp und N-Düngung (Tab.1)) Befliegungen durch eine Starrflügeldrohne und Probenahmen auf einer Fläche von jeweils 1qm in ausgewählten Parzellen durchgeführt. Die Vorfrucht war Winterweizen und es wurde keine Herbsdüngung ausgebracht.

Tab.1: Versuchsfaktoren im Feldversuch

1– Sorten (8)

Advocat	Fossil	Arsenal	Puzzle
Architect	Patron	DK_Expansion	Violin

2 – N-Düngung (5) (26.02.2019/27.03.2019)

N1 - 0/0	N4 - 90/90	N5 - 120/120
N2 - 30/30	N3 - 60/60	

3 – Wiederholungen (4)

Die eingesetzte Multispektralkamera (Sequoia von ParrotTM) erfasst zugleich die spektrale Reflektion im grünen (GR), roten (R), red edge (RE) und nahinfraroten

Bereich (NIR). Der green Area index (GAI) wurde als Maß für den Blattflächenindex mittels separatem Scannen (LI-3100, Li-Cor) der grünen Fläche von Spross und Blatt erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Bestandesentwicklung vor Winter zeigte nur geringfügige Unterschiede zwischen den Genotypen sowie zwischen den Düngestufen, die aufgrund der ausgebliebenen Herstdüngung die gleichen Wachstumsvoraussetzungen hatten. Während der Winterruhe gab es keine signifikanten Ausfälle, sodass die Bestände Anfang März das Schossen begannen und Mitte April in die Blüte übergingen. Die spektrale Kalibration für den GAI (R^2 : 0,83) stützt sich auf Daten von Vorversuchen sowie Herbst 2018 und Frühjahr 2019 bis zur Vorblüte. In den Wintermonaten konnten optimale Bedingung für die spektralen Aufnahmen durch den niedrigen Sonnenstand und wechselnde Witterungsbedingungen nur selten erreicht werden was die Qualität des Modells zu dieser Zeit negativ beeinflusst. Es zeigt sich zudem die beschleunigte Entwicklung der ungedüngten Variante, wodurch es sowohl zu einem früheren Eintritt in die Blühphase als auch zu einer Abnahme des Anteils der grünen Biomasse und einer Reduktion des GAI führt (Abb.1).

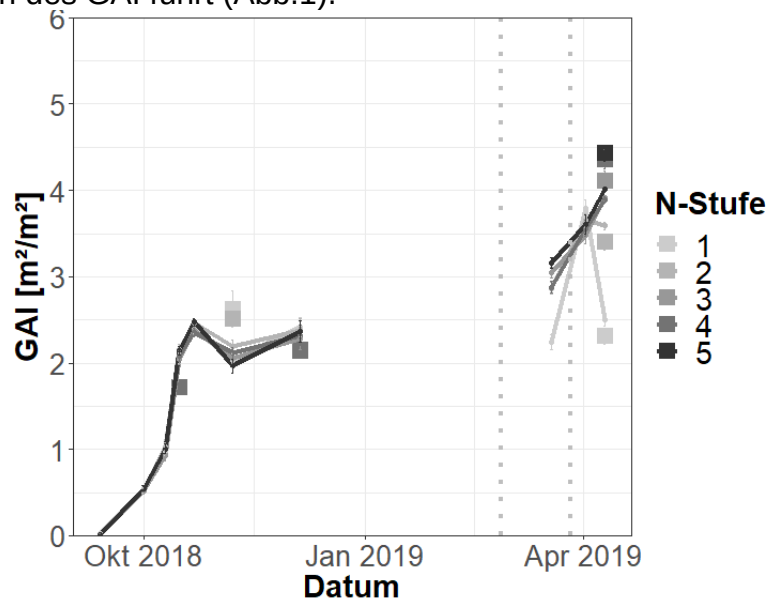


Abb. 1: Green Area Index (GAI) im Raps von der Ansaat bis zur Vollblüte, unterteilt nach verschiedenen N-Düngestufen (1: 0/0 kg/ha, 2: 30/30 kg/ha, 3: 60/60 kg/ha, 4: 90/90 kg/ha, 5: 120/120 kg/ha). Linien repräsentieren den Verlauf der spektralen Aufnahmen, Quadrate geben die Mittelwerte der destruktiven Messungen wieder. Vertikale Linien kennzeichnen die Düngegaben.

Literatur

- Müller K., Böttcher U., Meyer-Schatz F., Kage H. (2008) Analysis of vegetation indices derived from hyperspectral reflection measurements for estimating crop canopy parameters of oilseed rape (*Brassica napus* L.), Biosyst. Eng. 101:172-182
- Stahl A., Vollrath P., Samans B., Frisch M., Wittkop B., Snowdon R.J. (2019) Effect of breeding on nitrogen use efficiency-associated traits in oilseed rape, J. Exp. Bot. 70(6): 1969-1986

Schätzung des Ertrags extensiver Grünlandbestände durch die Kombination von laserbasierten und hyperspektralen Informationen

Damian Schulze-Brüninghoff, Frank Hensgen, Thomas Möckel
und Michael Wachendorf

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

Einleitung

Extensive Grünlandbestände gelten aufgrund ihrer Artenvielfalt als schützenswerte Systeme, die zahlreiche Ökosystemdienstleistungen und ein Habitat für bedrohte Arten bereitstellen (Bullock et al. 2011). Um Managementstrategien zu optimieren, ist eine Quantifizierung des Ertrags der Bestände hilfreich. Eine Ertragsabschätzung ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden. Der Einsatz fernerkundlicher Systeme setzt durch eine verbesserte zeitliche und räumliche Auflösung neue Potentiale frei (Wachendorf, Fricke, & Möckel, 2017). Eine Kombination unterschiedlicher Systeme und Plattformen kann die Ertragsabschätzung weiter verbessern.

Material und Methoden

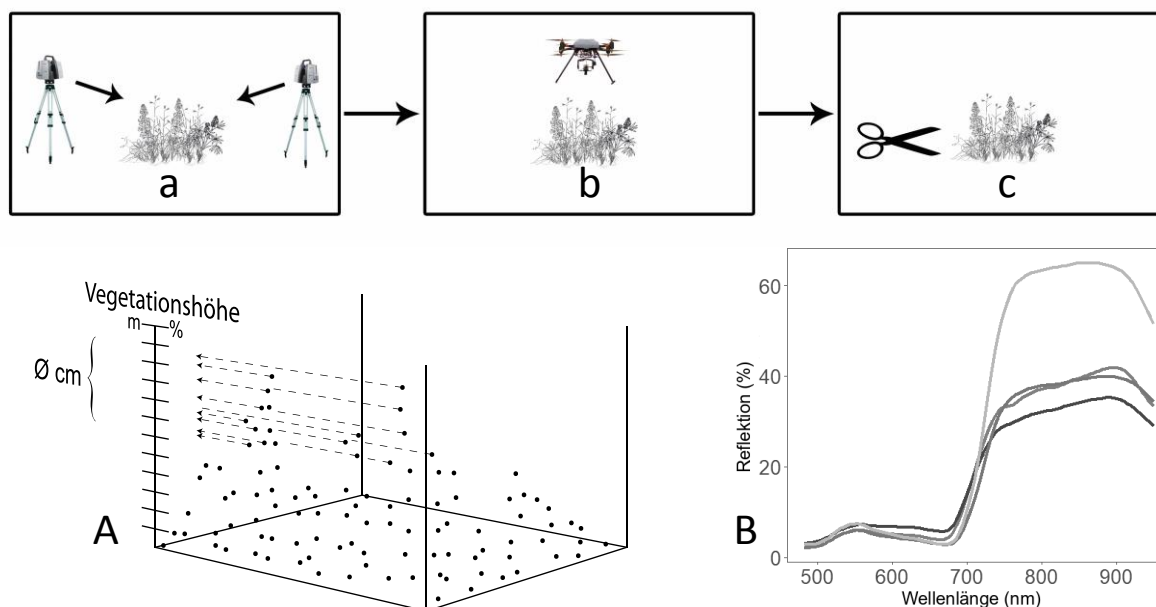


Abbildung 1 Ablauf (Scannen, Fliegen, Schneiden (a,b,c)) und Prinzip der Laserdaten (A) und Hyperspektraldaten (B)

Zwischen Juni und Juli 2018 wurden auf vier Standorten im Biosphärenreservat Rhön Daten mittels eines terrestrischen Laserscanners und einer fluggestützten Hyperspektralkamera erhoben. Zusätzlich wurden Frisch- (FM) und Trockenmasseerträge (TM) der Versuchsflächen als Referenz erhoben. Aus den Punktwolken der Laserdaten wurde die mittlere Vegetationshöhe in unterschiedlichen Höhenabschnitten berechnet (Abbildung 1). Für eine Modellierung von FM und TM wurden vier verschiedene multivariate Methoden eingesetzt: Support Vector Regression (SVR), Random Forest Regression (RFR), Partial Least Square Regression (PLSR) und Gradient Boosting Machine (GBM).

Ergebnisse und Diskussion

Die besten Ergebnisse (Tabelle 1) aus Laserdaten für FM und TM erzielte die PLSR-Methode (Median rRMSEP: 35.75 % und 31.35 %, RMSE: 0.29 kg/m² und 0.08 kg/m²). Durch eine Kombination der Sensorsysteme (Laser- und Hyperspektraldaten) konnten die Ergebnisse für alle methodischen Ansätze verbessert werden. Das beste Ergebnis erzielte der RFR (Median rRMSEP: 29.51 % und 24.7 %, RMSE: 0.24 kg/m² und 0.06 kg/m²).

Die Kombination unterschiedlicher, fernerkundlicher Systeme kann die Ertragsabschätzung von heterogenen, extensiven Grünlandbeständen verbessern und stellt eine neuartige Alternative zu aufwändigen traditionellen Ertragsabschätzungsmethoden dar.

Tabelle 1 Ergebnisse (rRMSE und R²) der vier multivariaten Methoden (SVMR, RFR, PLSR; GBM) aus Laserdaten, Hyperspektraldaten und der Kombination beider Sensordaten – je für Frischmasseertrag (FM) und Trockenmasseertrag (TM). Unterstrichen sind die besten Ergebnisse je Sensor.

Methode/Sensor		rRMSE			R ²		
		Laser	Hyper.	Fusion	Laser	Hyper.	Fusion
SVMR	FM	37.75	<u>40.36</u>	32.02	0.65	<u>0.63</u>	0.76
	TM	34.48	<u>34.97</u>	28.96	0.63	<u>0.6</u>	0.75
RFR	FM	38.14	40.93	<u>29.51</u>	0.64	0.59	<u>0.8</u>
	TM	34.17	36.70	<u>24.7</u>	0.63	0.56	<u>0.8</u>
PLSR	FM	<u>35.75</u>	49.22	31.54	<u>0.69</u>	0.46	0.76
	TM	<u>31.35</u>	41.38	27.94	<u>0.68</u>	0.46	0.75
GBM	FM	37.28	46.22	32.62	0.66	0.51	0.74
	TM	33.74	41.12	27.13	0.63	0.44	0.76

Literatur

Bullock, J. M., Jefferson, R. G., Blackstock, T. H., Pakeman, R. J., Emmett, B. A., Pywell, R. J., Grime, J. P., & Silvertown, J. (2011). Semi-natural grasslands. Technical Report: The UK National Ecosystem Assessment, pp162-195.

Wachendorf, M., Fricke, T., & Möckel, T. (2017). Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. Grass and Forage Science, 73, 1, 1-14.

Vergleich von sensor- und geodatenbasierten Ansätzen der teilflächenspezifischen Bestandesführung

Meret Zeller, Martin Weis, Jürgen Ott und Kurt Möller

Referat 11 Allgemeiner Pflanzenbau, Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Rheinstetten. E-Mail: meret.zeller@ltz.bwl.de

Einleitung

Dass eine teilflächenspezifische Stickstoffdüngung zu einer bedarfsgerechteren Versorgung von landwirtschaftlichen Kulturen führt wurde bereits in zahlreichen Publikationen beschrieben (Schmidhalter et al., 2008). Dennoch ist die Umsetzung dieser Techniken in der Praxis, besonders in Regionen mit kleinstrukturierter Landwirtschaft gering. Gründe sind neben hohen Investitionskosten, mangelnde Erfahrung bzw. fehlendes Vertrauen in den Mehrwert der Technik. Ziel des Forschungsprojektes ist es, auf dem Markt befindliche Sensortechniken sowie Geodaten zur teilflächenspezifischen Stickstoffdüngung in Winterweizen einzusetzen und verschiedene Managementansätze zu vergleichen um folgende Hypothesen zu untersuchen:

Die Bestandesführung und Maßnahmenplanung lässt sich durch detaillierte Informationen gezielter durchführen und kann auf Teilflächen variiert werden.

Eine durch EDV-gestützte Programme, gezieltere Bestandesführung führt zu einer Ertragsoptimierung und somit zur Steigerung der N-Effizienz.

bieten mit dem Einsatz von sensorbasierten Strategien deutliche Vorteile gegenüber klassischen, uniformen Ausbringungsstrategien. Differenzierende Strategien der Bestandesführung unter Berücksichtigung von Bodeneigenschaften und Ertragspotentialen sind im Vergleich zu nivellierenden Strategien ökonomisch und ökologisch überlegen

Material und Methoden

Die Feldversuche starteten 2017/2018 am Standort Maxau bei Karlsruhe und wurden 2018/2019 um den Standort Stifterhof im Kraichgau erweitert. Bis auf die Stickstoffdüngung wird der Winterweizen betriebsüblich bewirtschaftet. Die erste Stickstoffgabe erfolgt einheitlich über alle Varianten, in der zweiten und dritten Gabe wird die Stickstoffmenge nach Varianten variiert. Im Vergleich stehen insgesamt zehn verschiedene Varianten. In zwei Varianten wird die Stickstoffmenge schlageinheitlich ausgebracht. Zum einen wird die vom Betriebsleiter empfohlene Menge (betriebsüblich), zum anderen die mit Hilfe des Düngemodells Informationssystem für die integrierte Pflanzenproduktion (ISIP) ermittelte Menge ausgebracht. Diese schlageinheitlichen Varianten stehen im Vergleich zu verschiedenen Methoden der teilflächenspezifischen Ausbringung. Es werden Ertragspotentialkarten sowie Applikationskarten basierend auf Sentinel-Daten zur Ermittlung des Düngedarfs verwendet, zudem kommen zwei unterschiedliche Sensorsysteme (ISARIA, Fritzmeier Umwelttechnik und YARA N-Sensor, Agricon GmbH) zum Einsatz. Beide Sensorsysteme werden ebenfalls im Map Overlay-Verfahren (MOL) verwendet. Hierbei werden aktuell vom Sensor erfasste Messwerte mit langfristigen Ertragspotentialkarten verrechnet. Eine weitere kombinierte Variante ist ISIP-GIS, hierbei werden teilflächenspezifische ISIP Modelle gerechnet wodurch die unterschiedlichen Bodeneigenschaften und Ertragspotentiale berücksichtigt werden. Neben den unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der optimalen Düngemenge stehen zudem zwei unterschiedliche Managementansätze im

Vergleich. Während die Firma Fitzmeier Umwelttechnik das Prinzip der differenzierenden Bestandesführung verfolgt, werden die Bestände mit dem Yara N-Sensor homogenisierend bewirtschaftet. Alle Varianten wurden sowohl im Hoch- als auch im Niedrigertragsbereich eines Schlages, mit vierfacher Wiederholung getestet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des Versuchsjahres 2017/2018 zeigen signifikante Mehrerträge in den Varianten mit variablen Ausbringungsmengen sowie in der ISIP Variante im Vergleich zur betriebsüblichen Ausbringung. Die teilflächenspezifischen Varianten, ebenso wie die ISIP Variante zeigten untereinander keine signifikanten Ertragsunterschiede. Düngemiteleinparungen im Vergleich zur betriebsüblichen Variante gab es in der Variante basierend auf Ertragspotentialkarten (GIS-Variante), in der ISARIA MOL-Variante sowie in der ISIP Variante. Bei der agronomischen Stickstoffeffizienz zeigen die Varianten mit Ertragspotentialkarte höhere Werte, wobei die GIS-Variante sowie die YARA MOL-Variante eine signifikant höhere agronomische N-Effizienz aufwiesen als die betriebsübliche Variante. Der Rohproteingehalt lag zwischen 15 und 16 Prozent, zeigte jedoch keinen signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten.

Die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres zeigen, dass eine variable Ausbringung von Stickstoffdünger, Vorteile im Ertrag sowie in der Nährstoffeffizienz bringen im Vergleich zu unserer betriebsüblichen einheitlichen Ausbringung. Allerdings schnitt die einheitliche Düngung basierend auf dem ISIP Düngemodell ebenso gut ab wie die variablen Varianten. Dies kann in den besonderen Witterungsbedingungen 2018 begründet sein. ISIP hat hier den Vorteil, dass Klimadaten sowie Bodeneigenschaft in die Modellberechnung mit einfließen, somit konnten hier die besonders trockenen Bedingungen bei der Düngeberechnung mit berücksichtigt werden. Auch im Versuchsjahr 2018/2019 hat das ISIP-Modell besonders stark auf die aktuellen Witterungsbedingungen reagiert und einen Mehrertrag von bis zu 20 Prozent im Vergleich zum langjährigen Ertragsmittel prognostiziert und den Düngbedarf entsprechend hochgesetzt. Hier ist abzuwarten, ob entsprechende Prognosen eintreffen und sich diese in positiven Ergebnissen der N-Effizienz widerspiegeln.

Mehrjährige Versuchsergebnisse müssen zeigen, ob die Berücksichtigung aktueller Witterungsverläufe und die entsprechende Bestandesentwicklung zu einer vergleichbaren Optimierung der Stickstoffversorgung führt wie eine teilflächenspezifische Bewirtschaftung. Im Idealfall fließen aktuelle Bestandes- und Witterungsinformationen als auch längerfristige Daten in die Düngbedarfsermittlung mit ein (Olfs et al., 2005). Aufgrund dieser Überlegung wurde im Versuchsjahr 2018/2019 die kombinierte Variante ISIP-GIS mit in den Versuch aufgenommen.

Literatur

- Olfs, H.W., Blankenau, K, Brentrup, F, Jasper, J, Link, A, Lammel, J., 2005: Soil and plant-based nitrogen-fertilizer recommendations in arable farming. J.Plant Nutr. Soil Sci. 168, 414-431
- Schmidhalter, U., Maidl, F.-X., Heuwinkel, H., Demmel, M., Auernhammer, H., Noack, P., Rothmund, M., 2008: Precision Farming - Adaptation of land use management to small scale heterogeneity. In: P.Schröder, J.Pfadenhauer and J.C Munch (Eds.). Perspectives for Agroecosystem Management, Elsevier, 121-199.

Kameragestützte mechanische Unkrautkontrolle in Winterweizen mit konventionellem Reihenabstand

Jannis Machleb¹, Andreas F. Butz² und Roland Gerhards³

¹LTZ Augustenberg, Rheinstetten & Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Stuttgart-Hohenheim; ²LTZ Augustenberg, Rheinstetten; ³Universität Hohenheim, Institut für Phytomedizin, Stuttgart-Hohenheim. E-Mail: jmachleb@uni-hohenheim.de

Einleitung

Die mechanische Unkrautbekämpfung gewinnt in Anbetracht zunehmender Herbizidresistenzen und aufgrund der Forderungen von Verbrauchern nach einer Reduktion der Pflanzenschutzmittel wieder an Bedeutung. Die Palette an verfügbaren Herbiziden wird zusätzlich durch gesetzliche Einschränkungen weiter reduziert. Abhängig von der Kultur kommt ein Striegel, eine Reihenhacke oder eine Kombination beider Geräte zum Einsatz. In Verbindung mit einer Kamerasteuerung lässt sich der Unkrautbekämpfungserfolg einer solchen Reihenhacke aufgrund der präziseren Führung deutlich steigern. Gleichzeitig stellen kameragesteuerte Systeme eine Arbeitserleichterung dar und höhere Fahrgeschwindigkeiten können realisiert werden. Während sich Kameralenksysteme in weiten Reihenkulturen bereits etabliert haben, gibt es bisher jedoch noch kein System, um in konventionellen Reihenabständen von 15 cm zu hacken. Daher wurden 2019 an vier Standorten in Baden-Württemberg Versuche zur mechanischen Unkrautkontrolle Winterweizen mit einem konventionellen Reihenabstand von 15 cm angelegt, um Auswirkungen auf die Effizienz der Unkrautkontrolle und Ertragsparameter zu untersuchen

Material und Methoden

Bereits 2018 erfolgten erste Untersuchungen zur mechanischen Unkrautkontrolle in konventionellen Reihenabständen in Wintergetreide. Jedoch war zu diesem Zeitpunkt noch keine verfügbar, sodass die Hacke manuell gesteuert wurde. Die Versuche im Jahr 2019 wurden an den Standorten Rheinstetten-Forchheim, Ihinger Hof (Renningen), Stifterhof (Östringen), und Hirrlingen jeweils als randomisierte vollständige Blockanlage angelegt. Der Reihenabstand betrug 15 cm an allen Standorten. Verschiedene mechanische Bearbeitungsvarianten wurden mit einer unbehandelten Kontrolle und einer betriebsüblichen Herbizidapplikation verglichen. Die mechanischen Unkrautbekämpfungsvarianten bestanden aus: Hacken mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten von 4, 6 und 8 km/h, Striegeleinsatz, Kombination Hacke und Striegel sowie einer Kombination aus Hacken und Herbizid. An den Standorten Rheinstetten-Forchheim und Ihinger Hof erfolgte eine zweimalige Applikation der mechanischen Varianten. In Hirrlingen und am Stifterhof konnte aufgrund der Witterungsverhältnisse nur eine einzige Behandlung der mechanischen Varianten erfolgen. Gehackt wurde mit einer 3 m breiten Hacke (Modell Argus, K.U.L.T., Vaihingen a. d. Enz) mit Argus Parallelogrammen und 9 cm breiten Flachhackscharen. Mit Hilfe eines hydraulischen Verschieberahmens und einer für enge Reihenweiten optimierten Kamerasteuerung konnte auf eine manuelle Lenkung oder eine Lenkung über GPS verzichtet werden. Die Arbeitstiefe der Hacke betrug ca. 3 cm. Das Striegeln wurde mit einem 3 m Striegel (an den Standorten Ihinger Hof und Hirrlingen: Modell Aerostar, Einböck, Österreich bzw. Standort Rheinstetten: Modell TS 320, Treffler, Deutschland) durchgeführt.



Abbildung 1.: Einböck-Striegel (links) und kameragesteuerte Hacke (rechts) in W-Weizen.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe der Kamerasteuerung konnte 2019 eine präzise mechanische Unkrautkontrolle der gehackten Parzellen auch bei höheren Fahrgeschwindigkeiten erfolgen. Aufgrund des engen Reihenabstandes von 15 cm ist jedoch das Bearbeitungszeitfenster sehr klein, da der Reihenschluss zügig erfolgt. Ungünstige Witterung kann den Bearbeitungszeitraum zusätzlich schmälern. Am Versuchsfeld in Hirrlingen konnte daher nur eine einmalige mechanische Behandlung der Hack- und Striegelparzellen vorgenommen werden. Ergebnisse aus dem Vorjahr 2018 (Abbildung 2) zeigen, dass Unkrautbekämpfungserfolge zwischen 50 und 75 % erzielt werden können, wenn nur mechanische Maßnahmen angewendet werden. Ähnliche Ergebnisse werden für das Jahr 2019 erwartet. Eine nahezu vollständige Unkrautkontrolle konnte bisher in beiden Versuchsjahren nur die Herbizidvariante erreichen.

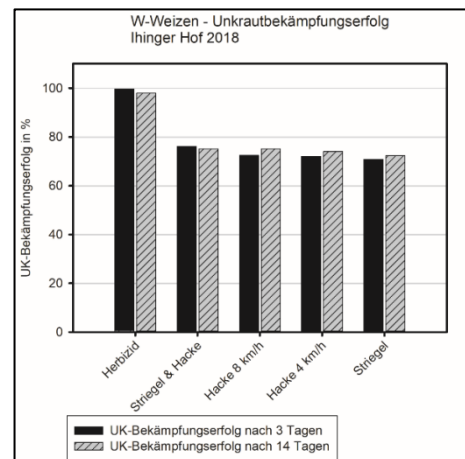
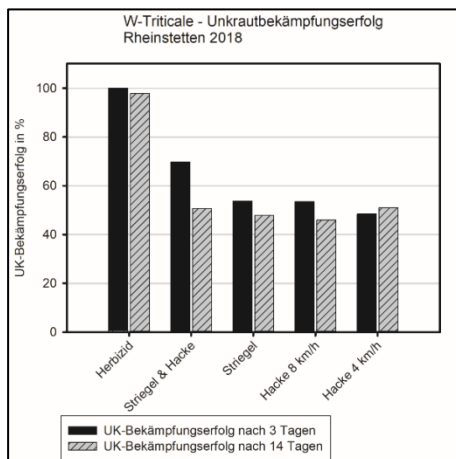


Abbildung 2: Unkrautbekämpfungserfolg (relativ zur unbehandelten Kontrolle in %) nach 3 und nach 14 Tagen in W-Triticale (Rheinstetten, links) und in W-Weizen (Ihinger Hof, rechts) im Jahr 2018.

Wie die Ergebnisse zeigen ist technisch das Hacken von Winterweizen mit kameragesteuerten Hacken in engen Reihenweiten möglich, jedoch ist der Unkrautbekämpfungserfolg noch nicht optimal. Es gilt auch bei kameragestützten Systemen auf die Witterungsverhältnisse und das Entwicklungsstadium der Unkräuter zu achten, um einen optimalen Einsatzzeitpunkt nicht zu verpassen.

Entwicklung eines Verfahrens zur sensorgestützte Optimierung der Stickstoffdüngung bei Winterroggen

Martin Strenner, Franz-Xaver Maidl und Kurt-Jürgen Hülsbergen

TU München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Liesel-Beckmann-Str. 2, 85350 Freising. E-Mail: martin.strenner@tum.de

Einleitung

Winterroggen ist eine Getreideart, die wegen ihrer relativ niedrigen Ansprüche an Boden und Klima besonders geeignet ist für den Anbau abseits von Hohertragszonen. Allerdings weisen v.a. diese Flächen meist mehr oder weniger große Bodenheterogenitäten auf. Bei der meistens angewendeten flächeneinheitlichen Düngung, besteht dabei die Gefahr, dass Bereiche mit höherem Ertragspotenzial mit Stickstoff unterversorgt, Niedrigertragsbereiche dagegen überdüngt werden. Dies erhöht das Risiko einer Auswaschung und somit einer Nitratverlagerung ins Grundwasser. Mittels des Einsatzes sensorgestützter teilflächenspezifischer Düngertechnik kann dem vorgebeugt werden, indem schlag- und ertragsbezogen Nährstoffe verteilt werden. Dabei wird mittels optischer Sensoren die Reflexion des Sonnenlichts des Pflanzenbestandes gemessen und damit, wie bereits mehrfach in der Literatur beschrieben, der N-Versorgungsgrad bestimmt. Anschließend werden mit Hilfe verschiedener Kalibrierungen diesem Sensorwert kultur- und stadienspezifische Düngermengen zugeordnet. Das Ziel dieser Arbeit war es, ein Verfahren zur Optimierung eines sensorgestützten Stickstoffdüngesystems für Winterroggen zu entwickeln.

Material und Methoden

Von 2007 bis 2016 wurden auf den Versuchsflächen des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Parzellenversuche bei Winterroggen (*Cereale Secale* L.) durchgeführt. Diese Versuche bestanden aus einer Winterroggensorte (Brasetto), kombiniert mit acht verschiedenen hohen Gesamt-N-Düngeraten von 0 bis zu 250 kg N ha⁻¹. Jeder Versuch wurde als Doppelparzellenversuch mit vier Wiederholungen durchgeführt. Dabei diente eine Parzelle den Sensormessungen und der Mähdruschernte, während auf der anderen Parzelle zeitgleich zu den Sensormessungen während der Vegetationsperiode zu sechs Terminen Biomasseproben entnommen und im Labor auf deren Stickstoffgehalt untersucht wurden. Die Reflexionsmessungen der Bestände erfolgte mit einem Zweikanal-Handradiospektrometer der Firma tec5 AG (Oberursel, Deutschland). Dabei wurde der für die Bestimmung der N-Aufnahme besonders geeignete Vegetationsindex REIP berechnet. Aus diesen Werten, in Kombination mit den Regressionen aus N-Aufnahme zu Biomasse, bzw. Kornertrag wurden anschließend für unterschiedliche Ertragsniveaus zu unterschiedlichen Entwicklungszeitpunkten spezifische Soll-N-Aufnahmekurven erstellt. Basierend auf dem an der TU-München entwickelten Sensorsystem für Winterweizen (Maidl, 2011) und angepasst an Winterroggen, ist es möglich die aktuelle N-Aufnahme des Bestandes vom Schossen bis zur Hauptblüte zu erfassen und mit dem für das Ertragsniveau und der für das aktuelle Entwicklungsstadium spezifischen Soll-N-Aufnahme zu vergleichen. Die Düngergabe zu einem bestimmten Entwicklungsstadium ergibt sich dann aus der Differenz der Soll-N-Aufnahme zum aktuellen Termin und der optimalen N-Aufnahme zum nächsten geplanten Düngezeitpunkt.

Ergebnisse und Diskussion

Über alle Versuchsjahre zeigte sich, dass der Vegetationsindex (VI) REIP zu allen untersuchten Vegetationsstadien hohe R^2 -Werte der Regression zur N-Aufnahme aufwies. Da bei Winterroggen vor allem frühe Stadien zum Schossen für die N-Düngung relevant sind, kann mittels VI REIP mit $R^2=0,85$ zu BBCH 30, bzw $R^2=0,75$ zu BBCH 32 und $R^2=0,94$ zu BBCH 37 der quadratischen Regression des REIP zur N-Aufnahme des Bestandes, diese sehr gut abbilden. (Tabelle 1). Anschließend zeigt sich, dass die N-Aufnahme selbst gut mit der Pflanzenbiomasse, bzw. dem Kornertrag korreliert (Tabelle 2).

Tab. 1: Quadratische R^2 -Werte VI REIP zur N-Aufnahme (2007-2016, alle N-Stufen)

R²-Werte, quadratisch, REIP zu N-Aufnahme

Entwicklungsstadien	BBCH 30	BBCH 32	BBCH 37	BBCH 49	BBCH 65
R^2 -Werte	0,85	0,75	0,94	0,90	0,70

Tab. 2: Quadratische R^2 -Werte N-Aufnahme zu Biomasse und Kornertrag (2007-2016, alle N-Stufen)

R²-Werte, linear N-Aufnahme

Entwicklungsstadien	BBCH 30	BBCH 32	BBCH 37	BBCH 49	BBCH 65	BBCH 92
R^2 -Werte	0,65	0,57	0,59	0,79	0,66	0,72

Aus den Formeln der Regressionen der Einzeljahre und der Entwicklungsstadien des REIP zur N-Aufnahme wurden anschließend für verschiedene Ertragspotenziale des Winterroggens optimale N-Aufnahmekurven erstellt (Abbildung 1).

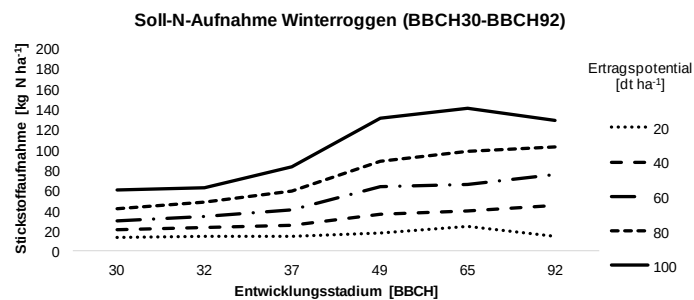


Abb. 1: Soll-N-Aufnahme Winterroggen verschiedener Ertragspotenziale

Mit dem Sensorwert und den Kurven der Regressionen des REIP zur N-Aufnahme, aus der hinterlegten Soll-N-Aufnahme für das standorttypische Ertragspotenzial bedarfsgerecht gedüngt werden (Abbildung 2).

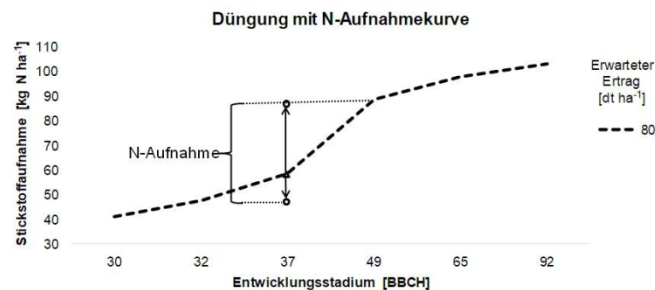


Abb. 2: Düngung mit N-Aufnahmekurve nach Sensorwert

Literatur

Maidl F.X. (2011): Verfahren zur Bestimmung des Düngerbedarfs, insbesondere des Stickstoff-Düngerbedarfs und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens. Dt. Patentamt 20110606185441

Relationship between nodulation, leaves nitrogen content and spad-502 chlorophyll meter readings of soybean

Mosab Halwani¹, Ralf Bloch^{1,2} and Johann Bachinger¹

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg;

²Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde.

E-Mail: Mosab.Halwani@zalf.de

Introduction

Due to climate change and current protein gap at food and fodder in Europe, the production of soybeans (*Glycine max*) in Germany extended. Thus, agricultural researchers are working hard to find appropriate soybean varieties under central European conditions, which could be advanced in terms of grain yield and protein contents. Soybean growth and development depends on symbiotically colonized root nodules and its biological nitrogen fixation (BNF) ability, it is therefore important to find suitable symbiotic bacteria (*Bradyrhizobium japonicum*) too.

Leaf chlorophyll concentration is an important parameter that is measured frequently as an indicator of nitrogen fixation, photosynthetic capacity, leaf nitrogen content, or general plant development. Commonly methods to evaluate soybean varieties and microbial strains efficient in nitrogen fixation requires excision plant from the soil and it is lost. The objective of this study was to test a new method, which depend on the amount of chlorophyll present in a plant, as differentiation parameter between soybean varieties and *Bradyrhizobium* inoculants.

As part of the INNISOY project, a pot experiment was done at the greenhouse of the Leibniz Center for Agricultural Landscape Research (ZALF) e. V. Müncheberg, Germany in 2018. We examined the correlation of soybean (*Glycine max*) nodules counted, leaf nitrogen concentration, as measured by elemental *analysis*, with an output of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter.

Materials und Methods

A Cultivar “Merlin” of soybean [*Glycine max* (L) Merrill] was grown in eleven different soil samples, which were collected from two locations at the northeast of Germany in November 2017. These soil samples have low nitrogen contents between 0.05 and 0.2 % and different physical characters. Soybean plants were grown in pots under the growth chamber conditions running at 16 h/8 h day/night regime and temperature 22°C/15°C, respectively (Martyniuk, et al., 2016) at the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF) e.V. The pot experiment was laid out with six replicates assigning two variants with/without *B. japonicum* inoculation in a completely randomized design. Following measurements were determined after 40 days:

- Chlorophyll contents measured by SPAD (Soil-Plant Analysis Development)
- Number of nodules per plant
- Leaf nitrogen contents determined by Dumas combustion with a TruSpec CNS Elemental Analyzer

Correlation coefficients and regression of were determined using the SAS software. The results were expressed at the $P < 0.05$, (*), $P < 0.01$ (**) and $P < 0.001$ (***) level of probability respectively.

Results and Discussion

The main effect of soil variety was significant in relation to number of nodules per plant, SPAD-values and leaf nitrogen contents. As in recent studies, physical soil properties significantly effect on chlorophyll content in soybean, reflecting an increase of photosynthesis and effective nodulation (Revellin, et al., 1996; Takashi, et al., 2003). Inoculation of soybean seeds with *B. japonicum* has resulted in a highly significant ($P < 0.01$) increase in the number of nodules per plant, SPAD-values and leaf nitrogen contents as compared to the non-inoculated plants. Similar to our work, other studies have also shown that Rhizobacteria applications increased the nitrogen content in the legume plant, leading to increased plant growth (García, et al., 2004; Donald, 2016).

The correlation analysis showed positive correlations between the nodule number per plant and chlorophyll content measured by SPAD ($r^2=0.69$; $P < 0.05$) and Nitrogen contents in the plant ($r^2=0.90$; $P < 0.001$). Furthermore, the correlation analysis also showed positive relationship between SPAD values and the nitrogen content in the examined soybean plants ($r^2= 0.84$; $P < 0.01$).

Our results indicated that, the SPAD-502 device used for the measurement of the chlorophyll content in soybean leaves could be used as a diagnostic tool for the evaluation of plant ability to fix the nitrogen related to number of nodules per plant.

Table 1: Correlation matrix among the various studied plant growth parameters

	Nr. Nodules	SPAD	N(Plant)
Nr. Nodules	1		
SPAD	0.690*	1	
N(Plant)	0.901***	0.837**	1

Literature

- García J. A. Lucas [et al.] Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) and *Sinorhizobium fredii* on biological nitrogen fixation, nodulation and growth of *Glycine max* cv. Osumi [Article] // Plant and Soil. - netherland: Kluwer Academic Publishers, 2004. - 267. - Vols. 1-2. - pp. 143-153.
- Martyniuk Stefan , Koziel Monika and Gałazka Anna Survival of rhizobia on seeds, nodulation and growth of soybean as influenced by synthetic and natural seed-applied fungicides [Journal] // Polish Journal of Agronomy. - 2016. - Vol. 27. - p. 4.
- Revellin C. [et al.] Influence of soil properties and soybean cropping history on the *Bradyrhizobium japonicum* population in some French Soils [Article] // European Journal of Soil Science. - [s.l.] : John Wiley & Sons, Inc., 1996. – 47
- Sato Takashi [et al.] Effect of soil physical properties on soybean nodulation and N₂ fixation at the early growth stage in heavy soil field in Hachirougata Polder, Japan [Article]. - 2003. - 49. - Vol. 5. - pp. 695 - 702.
- Siyeni Donald Effect of rhizobia inoculation and phosphorus fertilizer on nodulation and yield of soyabeen [*Glycine max* (L.) Merrill] in Dedza, Kasungu and Salima districts of Malawi [Report]. - Malawi : University of Malawi, 2016.

Auswirkung verschiedener Verfahren der N-Düngebedarfs- ermittlung auf Ertrag, Qualität und N-Effizienz von Winterweizen bei unterschiedlichem, durch Bewässerung gesteuertem Ertragspotenzial

Andreas F. Butz, Laura Merkle und Kurt Möller

Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg, Referat 11 Pflanzenbau, Rheinstetten-
Forchheim. E-Mail: andreas.butz@ltz.bwl.de

Einleitung

Die Bemessung des Stickstoffdüngungsbedarfs ist für den Erfolg eines qualitätsorientierten Winterweizenanbaus von erheblicher Bedeutung. Durch die novellierte Düngeverordnung (DüV) wurde die N-Düngebedarfsermittlung angepasst, um das Umweltschutzziel „Senkung der N-Überschüsse“ zu erfüllen. Neben diesem Ansatz gibt es mit dem ISIP Modell N-Düngung (ISIP) und dem Nitratinformationsdienst (NID) in Baden-Württemberg weitere N-Düngebedarfsermittlungsverfahren für die Praxis. Ziel der Untersuchung ist es, die Auswirkungen dieser Verfahren auf Ertrag, Qualität sowie N-Effizienz von Winterweizen bei gleicher Schlaghistorie, jedoch unterschiedlichem, durch Bewässerung gesteuertem Ertragspotential zu untersuchen.

Material und Methoden

Auf dem Versuchsbetrieb Forchheim (Rheinstetten) wurde in vierfach wiederholten, drei-faktoriellen Spaltenanlagen geprüft, wie sich die drei Verfahren der N-Düngebedarfsermittlung: gemäß DüV, ISIP und NID bei drei von der Wasserversorgung (keine, reduzierte und optimale Beregnung) abhängigen Ertragspotenzialen auf Ertrag, Qualität und N-Effizienz bei zwei Winterweizensorten (Apostel und Rubisko) auswirken. Dabei wurde die NID Variante in zwei unterschiedliche Düngestrategien aufgeteilt: drei KAS-Gaben 30+40+30 % (NID3) und zwei N-Gaben (NID2), davon eine KAS 30 % und eine ENTEC26 70 %. In der DüV Variante erfolgte die Gabenaufteilung gleich der NID3 Variante, bei ISIP nach den Modellvorgaben. Eine Kontrollvariante ohne mineralische N-Düngung (Null) wurde ebenfalls geprüft. Das zugrunde gelegte Ertragspotenzial basiert auf mehrjährigen Versuchsergebnissen zur Beregnung von Winterweizen am Versuchsstandort (Butz und Mastel, 2017). Die Beregnungssteuerung erfolgte mittels Agrowetter Beregnung (DWD). In den vorliegenden Versuchsjahren 2017 und 2018 wurde der Ertrag und der N-Gehalt des Erntegutes ermittelt. Die relative agronomische N-Düngeeffizienz wurde nach Ladha et. al. (2005) berechnet. Die Datenanalyse erfolgte als gemischtes Modell mit R. Nach einem globalen F-Test wurde ein Mittelwertvergleich mittels Tukey's HSD Test ($p < 0,05$) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse Tabelle 1 zeigen, dass die unterschiedliche N-Düngebedarfs-ermittlung zu keinen signifikanten Ertragsunterschieden führt, obwohl erhebliche Unterschiede bei dem ermittelten N-Düngebedarf von bis zu 55 kg N ha⁻¹ vorliegen. Es zeigte sich, dass die ISIP Variante, trotz deutlicher Reduktion der N-Düngemenge gegenüber der DüV Variante, in allen Umwelten die höchsten Proteingehalte erzielen konnte. Bei der N-Düngeeffizienz gibt es einzelne Umwelten, bei denen ISIP bzw. NID3 effizienter waren. Hierbei ist zu beachten, dass es sich nur um zweijährige Daten handelt, wovon besonders 2018 eine außergewöhnliche Witterung aufwies.

Gleichwohl geben die Ergebnisse einen Hinweis darauf, dass mit ISIP und NID Ansätze für eine N-Düngebedarfsermittlung vorliegen, die dazu beitragen können, den Zielkonflikt zwischen agronomischen und Umweltzielen zu mildern.

Tabelle 1: N-Düngebedarf, Ertrag, Proteingehalt und agronomische N-Effizienz von Winterweizen in Abhängigkeit der N-Düngebedarfsermittlung.

Jahr	Berechnung	N-Dünge- bedarf	N kg ha ⁻¹	Ertrag dt ha ⁻¹ 86 TM	XP % in 86 TM	N-Effizienz rel.- agronom.
2017	keine	Null	0	45,7 ab	9,4 a	
		NID3	79	48,4 ab	12,7 bc	0,323 abc
		NID2	79	44,8 ab	12,3 bc	0,253 ab
		ISIP	103	48,4 ab	13,3 cd	0,305 abc
		DüV	134	41,7 a	14,2 d	0,219 a
	reduziert	Null	0	54,3 abc	8,9 a	
		NID3	130	68,0 cde	12,7 bc	0,498 bcd
		NID2	130	70,6 cde	12,5 bc	0,539 cd
		ISIP	118	75,1 de	12,0 bc	0,634 d
		DüV	161	68,9 cde	13,1 cd	0,442 abc
	optimal	Null	0	62,9 bcd	9,3 a	
		NID3	170	77,8 de	12,7 bc	0,377 abc
		NID2	170	74,0 cde	12,9 bcd	0,317 abc
		ISIP	125	84,2 e	11,7 b	0,482 bcd
		DüV	172	76,1 cde	12,9 bcd	0,369 abc
2018	keine	Null	0	30,1 A	8,5 A	
		NID3	138	58,8 BC	13,9 DEF	0,773 C
		NID2	138	53,5 B	12,7 BC	0,626 AB
		ISIP	143	54,2 B	14,6 FG	0,696 ABC
		DüV	189	52,3 B	15,6 G	0,576 A
	reduziert	Null	0	31,1 A	7,7 A	
		NID3	188	65,9 CDE	14,2 EF	0,686 ABC
		NID2	188	63,4 BCD	13,5 CDEF	0,599 AB
		ISIP	173	67,1 CDE	13,5 CDE	0,700 ABC
		DüV	216	66,1 CDE	14,6 EFG	0,604 AB
	optimal	Null	0	31,8 A	8,3 A	
		NID3	189	76,4 E	13,6 CDEF	0,736 BC
		NID2	189	75,3 E	11,7 B	0,617 AB
		ISIP	194	74,4 DE	13,0 CD	0,659 ABC
		DüV	229	73,8 DE	14,0 DEF	0,630 AB

Die Buchstaben geben signifikante Unterschiede im jeweiligen Jahr an (HSD Test $p < 0,05$)

Literatur

- Butz AF, Mastel K (2017) Einfluss von Bewässerung auf Ertrag und Ertragsstabilität bei neun Ackerbaukulturen. Mitteilungen Ges für Pflanzenbauwissenschaften 29:70–71
- Ladha JK, et al (2005) Efficiency of fertilizer nitrogen in cereal production. Adv Agron 87:85–156

Erfassung der räumlichen Variabilität von Boden- und Pflanzenparametern: Grundlage für die teilflächenspezifische N-Bilanzierung

Martin Mittermayer¹, August Gilg², Franz-Xaver Maidl¹, Ludwig Nätscher¹
und Kurt-Jürgen Hülsbergen¹

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/Technische Universität München

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Mustererkennung und Software-Engineering

E-Mail: martin.mittermayer@tum.de

Einleitung

In der Bundesrepublik Deutschland sind die flächenbezogenen N-Salden seit Jahren mit ca. 90 kg/ha*a auf zu hohem Niveau; dies führt zu umweltgefährdenden und klimarelevanten N-Emissionen sowie zu Konflikten mit dem Trinkwasserschutz. Nach Wechsung (2002) weisen Regionen mit intensiver Tierhaltung die höchsten Stickstoffsalden in Deutschland auf. Aufgrund von Bodenunterschieden (Textur, Relief) weisen viele landwirtschaftliche Nutzflächen zudem eine Heterogenität der N-Nachlieferung und der Ertragsbildung auf. Oftmals lassen sich Flächen in Hoch- und Niedrigertragsbereiche einteilen. Bei einer flächeneinheitlichen Düngung auf heterogenen Ackerschlägen entstehen so überdüngte und unterdüngte Teilflächen (Maidl et al. 2004). Die Folge sind variierende N-Salden, die im Niedrigertragsbereich hohe Nitratverluste bedingen können (Hülsbergen et al. 2017). Hingegen kommt es auf dem Hohertragsbereich bei mehrjährig negativen N-Salden zur Abnahme der Boden-N-Vorräte und der Ertragsfähigkeit.

Material und Methoden

Ziel dieser Arbeit war es, die räumliche Variabilität auf einem Ackerschlag mit verschiedenen Methoden zu identifizieren und teilflächenspezifische N-Salden zu berechnen. Um die Vergleichbarkeit verschiedener Datenquellen zu ermöglichen, wurden einheitliche Raster mit geostatistischen Methoden (Kriging) erzeugt. Des Weiteren wurden, auf Basis der Bodenparameter, homogene Managementzonen mit multivariaten Verfahren (Clusteranalyse) gebildet.

Die für die Berechnung notwendigen Boden- und Pflanzenparameter haben wir 2018 und 2019 georeferenziert auf der Ackerfläche erhoben. Zur Erfassung der Variabilität des Bodens wurden Bodenproben und chemische Analysen für die Bestimmung von Ct, Nt, P, K, pH und Nmin durchgeführt. Des Weiteren wurden Drohnenflüge (digitales Geländemodell) und Messungen der elektrischen Leitfähigkeit durchgeführt. Um die Variabilität von Ertrag und N-Entzug abzubilden, wurden Biomassehandschnitte, Parzellen- und Großmähdrescher, Satellitenbilder und Reflexionsmessungen mit multispektralen Sensor eingesetzt.

Die Stabilität der gebildeten Managementzonen wurde mit mehrjährigen Ertrags- und Satellitendaten geprüft. Es folgte eine Bewertung und Eignung der Methoden und Parameter für eine teilflächenspezifische Düngung.

Ergebnisse und Diskussion

Ergebnisse einer untersuchten Fläche des Jahres 2018 zeigen: Auch in kleinstrukturierten Regionen, wie in Bayern, können Ackerschläge eine hohe räumliche Variabilität aufweisen. Bei Betrachtung der Raster sind deutliche

Unterschiede der Boden- und Pflanzenparameter auf der untersuchten Fläche erkennbar. Hoch- und Niedrigertragszonen sind sichtbar. Dies spiegelt auch der teilflächenspezifische N-Saldo wieder, der von - 50 kg N/ha bis + 100 kg N/ha schwankt (Abbildung 1). Die flächeneinheitliche Bilanz des N-Saldos ist hingegen nahezu ausgeglichen (7,3 kg N/ha).

Vergleiche zwischen mehrjährigen Ertragsdaten und den gebildeten Zonen auf Basis der Bodenparameter zeigen: Die Managementzonen sind stabil und lassen über längere Zeiträume gleiche Verteilungsmuster erkennen. So korreliert die Ertragserfassung des Mähdeschers 2003 und 2012 mit $R^2 = 0,44$ bzw. 2003 und 2018 mit $R^2 = 0,42$. Auf Basis der angewandten Methoden konnten so Zonen mit einem hohen N-Verlustpotenzial identifiziert werden, die für eine teilflächenspezifische Düngung genutzt werden können.

Die Berechnung der N-Salden ermöglicht das Nitratauswaschungspotenzial teilflächenspezifisch zu berechnen und zeigt das Potenzial des effizienteren Einsatzes von N-Dünger.



Abbildung 1: Teilflächenspezifischer N-Saldo bei Weizen 2018 (Rasterung 10 x 10m); Feld: "Bergfeld" (13 ha) TU München

Literatur

- Wechsung, G. (2002): N-Düngung aus Umweltsicht - eine Herausforderung für die Landwirtschaft. Tagung N-Effizienz im Spannungsfeld. 1. - 2. März 2002.
- Maidl, F.-X; Schächtl, J.; Huber, G. (2004): Strategies for Site-Specific Nitrogen Fertilization on Winter Wheat
- Hülsbergen K-J, Maidl F-X, Forster F, Prücklmaier J (2017): Minderung von Nitratausträgen in Trinkwassereinzugsgebieten durch optimiertes Stickstoffmanagement. Forschungsbericht an das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten. Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme, Technische Universität München

BoniPS: ein mobiler Softwareassistent zur Unterstützung des integrierten Pflanzenschutzes

Julia Gitzel und Jürgen Schwarz

Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen (JKI), Institut für Strategien und Folgenabschätzungen, Kleinmachnow; E-Mail: julia.gitzel@julius-kuehn.de

Einleitung

Seit 2014 sind die allgemeinen Grundsätze des integrierten Pflanzenschutzes für Landwirte verbindlich. Diese fordern neben der Überwachung der Bestände auf Schaderreger mittels geeigneter Methoden auch eine sparsame und zielgerichtete Applikation von Pflanzenschutzmitteln. Die Überwachung der Bestände erfolgt über Bonituren, welche meist komplex und zeitaufwendig sind. Der Landwirt muss im Stande sein, den Bestand fachgerecht zu beurteilen um so abzuschätzen, ob die Notwendigkeit einer Pflanzenschutzmittelanwendung besteht. Die teilflächenspezifische Anwendung von Pflanzenschutzmitteln zur Bekämpfung von Schaderregern, wie Unkräutern, wird in der Praxis noch kaum angewendet. Wobei durch eine teilflächenspezifische Bekämpfung eine Reduzierung von Pflanzenschutzmittelanwendungen erreicht werden kann (Freier et al., 2013). Durch die Verknüpfung von Bonituren mit georeferenzierten Daten soll daher eine computergestützte Entscheidungshilfe für die Anwendung von Pflanzenschutzmitteln in Verbindung mit Applikationstechnik entwickelt werden.

Material und Methoden

Im Rahmen des Verbundprojektes wird im Austausch von vier Projektpartnern (JKI, TLLLR, Lacos Computerservice GmbH und Pahren Agrar GmbH & Co. KG) daran gearbeitet, ein durchgängig praktikables Verfahren zu erarbeiten, welches von der Datenerfassungs- über Steuerung der teilflächenspezifischen Applikation von Pflanzenschutzmitteln Applikationskarten in Winterweizen, Winterraps und Erbse erstellt. Der Softwareassistent unterstützt den Nutzer fachgerecht bei der Befallsermittlung, womit der zeitliche Aufwand reduziert werden kann. Während der Bonitur werden die Befallshäufigkeit und –stärke der Schaderreger bestimmt. Zudem kann eine georeferenzierte Ermittlung der Befallsgebiete unter Berücksichtigung der von der Officialberatung festgelegten Schwellenwerte mit Hilfe des Softwareassistenten auf ein mobiles Gerät (Tablet) erfolgen. Die App führt den Nutzer mit einfachen Mitteln durch die komplexe Problematik und erstellt eine Handlungsempfehlung in Form eines Ampelsystems. Das Auftreten eines Schaderregers wird in drei Befallsklassen unterteilt (rot/grün/gelb). Dem Nutzer stehen insgesamt 136 Schaderregersteckbriefe als Bestimmungshilfe in den 3 Kulturen zur Verfügung. Hier können unter anderem auch der Zeitpunkt des Auftretens (BBCH-Stadium), die Schadschwellen der Officialberatung, Boniturnhinweise und Vergleichsbilder abgerufen werden. Die Steckbriefe sind gerade bei Unsicherheiten sehr nützlich, da mittels Bild und Beschreibung die Schaderreger sicher bestimmt werden können. Die Boniturlinie wird von der App vorgegeben oder kann vom Nutzer manuell gewählt werden (z. B. nach Erfahrungswerten). Mit Hilfe von GPS („Schlagnavi“) wird der Nutzer dann zu den gewählten Boniturspunkten geführt. Nach der Bewertung der Punkte werden die Ergebnisse zusammengefasst und eine Behandlungsempfehlung angezeigt. Die Entscheidung, ob es zu einer Behandlung kommt, liegt jedoch immer noch bei Landwirt selbst und kann von ihm manuell abgeändert werden. Anhand der Boniturspunkte wird vom Softwareassistenten eine Applikationskarte erstellt, in der die

zu behandelnden Bereiche rot eingefärbt sind. Weiterhin ist es dem Nutzer möglich, die Applikationskarte manuell zu erstellen, um so Teilbereiche z. B. sensible Bereiche auszusparen. Anschließend kann ein direkter Export auf das Fahrzeugterminal erfolgen.

Ergebnisse und Diskussion

Der im Projekt entwickelte Softwareassistent (App) bietet ein einfaches Verfahren, um Landwirte und Lohnunternehmer bestmöglich bei der Entscheidungsfindung zu unterstützen. So kann die Datendokumentation in Echtzeit durchgeführt und mit Hilfe der erhobenen Daten eine teilflächenspezifische Applikationskarte erstellt werden. Diese wird an ein entsprechend ausgerüstetes Pflanzenschutzgerät zur Durchführung einer Behandlung übergeben.

Durch die lückenlose und medienbruchfreie Erfassung, Verarbeitung und Nutzung der Daten von der Vorbereitung der Bonitur bis zur exakten teilflächenspezifischen Ausbringung wird eine völlig neue Qualität der situationsspezifischen und somit sparsamen und umweltschonenden Applikation der Pflanzenschutzmittel möglich. Die erfassten Daten werden kontinuierlich zur Dokumentation und Nachweisführung von Bonitur und Behandlung gespeichert. Die übergebene Schlagkartei und nachfolgende weitere Auswertungen können an Berater und Informationssysteme weiter gegeben werden.

Das Risiko in der Anwendung von chemischen Pflanzenschutzmitteln auf die Umwelt kann durch die Reduzierung von Anwendungen erreicht werden. Durch den Risikoindikator SYNOPS sollen die Auswirkungen im Vergleich zu einem herkömmlichen Verfahren auf die Umwelt analysiert werden (Strassemeyer et al., 2017). Das Reduzierungspotential des Behandlungsindex soll anhand von Daten aus dem Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz quantifiziert und bewertet werden.

Zudem soll eine wissenschaftliche Risikoanalyse durchgeführt werden, um ökonomische Vorteile und Risiken für den Betrieb herauszustellen. Dies beinhaltet die finanziellen Mehraufwendungen in der Anwendung des Verfahrens als auch die Kosteneinsparung durch Reduktion der Pflanzenschutzmittel-Anwendungen im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren.

Danksagung

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.

Literatur

Strassemeyer, J.; Daehmlow, D.; Dominic, A.R.; Lorenz, S.; Golla, B. (2017): SYNOPS-WEB, an online tool for environmental risk assessment to evaluate pesticide strategies on field level. Crop Protection 97: 28-44.

Freier B., Sellmann J., Strassemeyer J., Schwarz J., Klocke B., Kehlenbeck H., Zornbach W. (2013): Netz Vergleichsbetriebe Pflanzenschutz, Jahresbericht 2012. Berichte aus dem Julius Kühn-Institut 192: 111.

Ertrag- und Qualitätsstabilität verschiedener Sorten von 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@LfL.bayern.de

Einleitung

Im ökologischen Landbau sind Ertrag und Backqualität wichtige Kriterien für die Sortenwahl bei Weizen. Die Stabilität dieser Eigenschaften ist ebenfalls von hoher Bedeutung, da der Umwelteinfluss z. B. aufgrund des Verzichtes auf mineralischen Stickstoffdünger vergleichsweise hoch ausfällt. Allerdings wird diese üblicherweise nicht berechnet, da hierzu mehrjährige Zeitreihen nötig sind. Ziel des Beitrages ist die Darstellung der Stabilität für die genannten Parameter für Winterweizen.

Material und Methoden

Die Auswertung wurde im Rahmen der Öko-Landessortenversuche zu den Ernten 2013 bis 2017 bayernweit auf sechs Standorten durchgeführt (Tab. 1). Sieben verschiedene Sorten wurden hinsichtlich Ertrags- und Qualitätsstabilität mit dem Coefficient of Variance (CV) nach Francis und Kannenberg (1978) und dem Regressionsmodell nach Finckh et al. (2000) verglichen. Bei den Sorten handelt es sich um fünf E-Weizen (cv. *Butaro*, *Capo*, *Tengri*, *Tobias*, *Wiwa*), einen A-Weizen (cv. *Akratos*) und einen C-Weizen (cv. *Elixer*).

Tab. 1: Kenndaten der Standorte

	Hohen-kammer	Neuhof	Obbach	Vieh-hausen	Wilpers-berg	Wochen-weis
Landkreis	Freising	Donauwörth	Schwein-furt	Freising	Aichach-Friedberg	Dingolfing
Bodenart	IS, sL	uL	tL	sL, uL	uL	uL, L
Bodentyp	Braun-erde	Pseudogley-Parabraunerde	Braunerde	Braun-erde	Braun-erde	Parabraunerde
Ackerzahl	50-60	~55	50-70	50-60	~60	~60
Niederschlag (ml)*	887	677	714	887	767	800
Temperaturmittel (°C)*	8,3	8,7	9,0	8,3	8,5	8,4

* langjährige Jahresmittel der nächstgelegenen Wetterstation (1981-2010)

Vorfrucht waren Leguminosen (zumeist Klee gras oder feinkörnige Leguminosen). Der Rohprotein- (RP) und der Feuchtklebergehalt wurden nach den ICC-Standardverfahren (ICC 1976) sowie das Backvolumen nach Doose (1982) nach einem RMT-Test als Mischprobe aus den vier Wiederholungen analysiert. Die Auswertung erfolgte mit SAS 9.3. Die Anzahl der wertbaren Umwelten betrug 28 und beim Backvolumen 26, da zwei Umwelten aufgrund Auswuchs ausgeschlossen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Beim Ertrag fällt die Steigung von Elixer, gefolgt von Akratos deutlich größer aus und höher als bei den E-Weizen, insbesondere Butaro und Tengri aus (Tab. 2). Demnach profitiert der Ertrag der E-Weizen in einem geringeren Maße von günstigeren Umweltbedingungen: der Ertragsabstand zwischen E-Weizen und A- bzw. C-Weizen ist in Umwelten mit hohem Ertragspotential etwa doppelt so groß wie in Umwelten mit ungünstigen Bedingungen. Allerdings sind Akratos und Elixer aufgrund höherer CV-Werte als instabiler und aufgrund einer größeren mittleren quadratischen Abweichung als weniger vorhersagbar einzuschätzen.

Beim RP-Gehalt zeigt sich bei der Steigung mit Ausnahme von Butaro und Tobias die umgekehrte Situation (Tab. 2): bei günstigen Umweltbedingungen profitieren Tengri und Wiwa überproportional, Akratos und Elixer vice versa. Capo nimmt eine Mittelstellung ein. Tobias profitiert ebenfalls überproportional auf günstige Bedingungen beim RP-Gehalt, liegt aber im Ertrag im mittleren Bereich. Butaro nutzt dagegen günstige Bedingungen beim Ertrag und RP-Gehalt unterdurchschnittlich.

Die Backvolumina der E-Weizen liegen bei günstigen Umweltbedingungen auf einem ähnlichen Niveau. Bei ungünstigen Bedingungen unterscheiden sich diese deutlich in Abhängigkeit der Steigung (Tab. 3): Capo mit einer großen Steigung erreicht unterdurchschnittliche Werte, während Tengri und Wiwa überproportionale Volumina aufweisen. Die Regressionsgerade von Akratos verläuft auf einem deutlich geringeren Niveau annähernd parallel zu der von Capo. Dies unterstreicht die Schwierigkeit mit einem A-Weizen eine gute Backqualität im ökologischen Landbau zu erzielen. Butaro, Capo und Wiwa wiesen eine gute Vorhersagbarkeit auf. Dies trifft für Capo und Wiwa auch auf den Feuchtklebergehalt zu (Tab. 3).

Tab. 2: CV und Regressionsparameter für Ertrag und Rohproteingehalt

	Ertrag (dt/ha)				Rohproteingehalt (%)			
	CV	MSE	m	R ²	CV	MSE	m	R ²
Akratos (A)	22,8	18,62	1,15	0,90 ***	9,6	0,226	0,85	0,83 ***
Butaro (E)	16,9	6,52	0,87	0,94 ***	10,1	0,260	0,88	0,82 ***
Capo (E)	19,1	5,08	1,00	0,96 ***	11,0	0,067	1,05	0,96 ***
Elixer (C)	24,3	13,97	1,25	0,93 ***	9,0	0,107	0,83	0,91 ***
Tengri (E)	16,5	8,77	0,84	0,91 ***	11,6	0,086	1,10	0,95 ***
Tobias (E)	19,3	6,97	0,99	0,95 ***	12,5	0,113	1,19	0,95 ***
Wiwa (E)	17,8	9,99	0,90	0,91 ***	12,0	0,203	1,11	0,90 ***

CV = Coefficient of Variance, MSE = mittlere quadratische Abweichung, m = Steigung, *** = Regression war signifikant auf dem Niveau $p < 0,001$

Tab. 3: CV und Regressionsparameter für Feuchtklebergehalt und Backvolumen

	Backvolumen (ml)				Feuchtklebergehalt (%)			
	CV	MSE	m	R ²	CV	MSE	m	R ²
Akratos (A)	9,2	1146	1,23	0,72 ***	16,0	5,33	0,94	0,70 ***
Butaro (E)	8,4	877	1,00	0,73 ***	18,2	3,48	1,05	0,84 ***
Capo (E)	10,0	800	1,27	0,83 ***	17,6	1,64	1,07	0,92 ***
Tengri (E)	7,4	1322	0,82	0,49 ***	19,6	5,69	1,09	0,77 ***
Tobias (E)	8,4	1109	0,95	0,67 ***	17,7	3,82	1,02	0,81 ***
Wiwa (E)	6,7	709	0,76	0,67 ***	17,3	1,46	1,06	0,92 ***

siehe Tab. 2

Literatur

- 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.
- Francis TR & Kannenberg LW (1978) Yield stability studies in short-season Maize. I A Descriptive method for grouping genotypes. *Can J Plant Sci* 58:1029-1034.
- ICC (Internationale Gesellschaft für Getreidewissenschaft und Getreidetechnologie, Hrsg.) (1976), Berlin, verschiedene ICC Standardverfahren.

The potential of guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.)] as a summer forage legume grown in the Mediterranean climate

H.S.A. Salama and A.I. Nawar

Crop Science Dept., Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt.

E-Mail: heba.salama@alexu.edu.eg

Introduction

In Egypt, the demand for livestock products such as milk and meat is increasing due to the increase in the population and the change in the consumption habits of the people. While, in the winter season, Egyptian livestock depends mainly on Egyptian clover as key forage crop, in the summer season, a feed shortage peak occurs which demands for forage species that could provide the livestock with better nutritional options. Guar [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.], also known as cluster bean, is a deep rooted summer annual legume that needs a hot climate, benefits from irrigation and fertilization, has high tolerance to drought, salinity and a good capability to fix atmospheric nitrogen. Being a short duration and fast growing crop, guar fits well into most of the prevailing summer cropping systems. In Egypt, guar might be a promising summer forage crop that could fill the gap between the available and required forage crops for livestock feeding in the summer, especially that guar showed very good adaptation in other Mediterranean environments (Sortino and Gresta, 2007). There is still, however, lack of a complete nutritive profile of guar cultivated in Egypt as summer forage legume and cut at different plant ages.

The aim of this study was to assess the nutritive value of guar cut at three plant ages to serve as an alternative animal feed in the summer season in Egypt.

Materials and Methods

A 2-year field trial was carried out at the Agricultural Research Station of Alexandria University, Alexandria, Egypt, during the summer of 2013 and 2015. Using a randomized complete block design with three replicates, the variations in nutritive value of a single cut of guar, taken at three different plant ages; 45, 60 and 75 days after sowing (DAS), were investigated. In addition to the dry matter (DM) content, nitrogen content (N) was determined using Kjeldahl procedure, fiber fractions (NDF, ADF and ADL), were determined after Van Soest et al. (1991), and relative feed value (RFV), and relative forage quality (RFQ), were calculated as proposed by Rohweder et al. (1978) and Moore and Undersander (2002a and b), respectively.

Results and Discussion

ANOVA revealed significant variations for all tested quality attributes, except lignin content, as affected by the age at harvest. While early harvesting at 45 DAS accumulated the highest N content, harvesting at 60 and 75 DAS resulted in the highest significant DM and fiber fractions (Table 1). The DM percentage of forages linearly increased with age at which the forage is harvested (Gomide et al., 1969). Consequently, the guar harvested at 45 DAS produced the lowest significant DM. Moreover, the decreased N concentration and increased cell wall components of the produced herbage at the late harvesting ages is correlated with the decrease in its quality. This might be largely attributed to the reduced leaf to stem ratio with plant maturity. Leaves have better nutritional quality than stems, in terms of higher amounts of total nitrogen and lower amounts of cell wall fractions. Since the early harvests are characterized by higher proportion of leaves than the late harvests, that

usually occurs in the productive stage, they are preferred than the late harvests due to their nutritional benefits to the animal. Despite of the high quality of the fresh herbage harvested at 45 DAS, its low DM content makes it unsuitable for ensiling, as the minimum DM content for ensiling is 247 g kg^{-1} (Castle and Watson, 1973). Thus, in the current study the DM content of the herbage harvested at 60 DAS was slightly above the critical level for ensiling, while that harvested at 45 DAS was slightly below. It is therefore, recommended, in case of ensiling, to delay the harvest time to 75 DAS for the presence of enough DM to ensure a successful ensiling process. Despite of the higher significant RFV and RFQ for the early harvests, the three harvesting ages produced hay of similar quality according to the American Forage and Grassland Council (AFGC) hay quality standards. With regard to their RFV records, the three harvesting ages of guar produced Grade 1 category hay (Rohweder *et al.* 1978). Similarly, the RFQ grading system graded the guar hay harvested at the three different harvesting intervals as "Premium" hay (Moore and Undersander, 2002a and b), which makes guar suitable for the high-producing dairy cows and young calves.

Table (1): Means of dry matter (DM), total nitrogen (N), neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber (ADF), acid detergent lignin (ADL), relative feed value (RFV) and relative forage quality (RFQ) for the three ages at harvesting (AH).

AH	DM	N	NDF	ADF	ADL	RFV	RFQ
45	232.54 b*	29.39 a	342.89 b	250.49 b	33.53 a	188.94 a	291.85 a
60	265.87 ab	27.40 a	384.66 ab	270.49 a	35.09 a	164.05 ab	250.37 ab
75	280.45 a	24.20 b	420.47 a	282.91 a	40.44 a	148.04 b	224.18 b

* Means followed by different small letter(s) within the same column are significantly different according to the L.S.D. test at 0.05 level of probability.

References

- Castle M.E. and Watson J.N. (1973). The relationship between the DM content of herbage for silage making and effluent production. *Grass and Forage Science* 28:135-138.
- Gomide J.A., Noller C.H., Mott G.O., Conrad J.H. and Hill D.L. (1969). Effect of plant age and nitrogen fertilization on the chemical composition and *In Vitro* Cellulose digestibility of tropical grasses. *Agronomy Journal* 61:116-120.
- Moore J.E. and Undersander D.J. (2002a). Relative forage quality: A proposal for replacement for relative feed value. 2002 Proceedings National Forage Testing Association.
- Moore J.E. and Undersander D.J. (2002b). Relative forage quality: An alternative to relative feed value and quality index. pp. 16-31. In: Proceedings 13th Annual Florida Ruminant Nutrition Symposium. January 10-11, University of Florida, Gainesville.
- Rohweder D.A., Barnes R.F. and Jorgensen N. (1978). Proposed hay grading standards based on laboratory analyses for evaluating quality. *Journal of Animal Science* 47:747-759.
- Sortino O. and Gresta F. (2007). Growth and yield performance of five guar cultivars in a Mediterranean environment. *Italian Journal of Agronomy* 4:359-364.
- Van Soest P.J., Robertson J.B. and Lewis B.A. (1991). Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74:3583-3597.

Einfluss von Trockenstress auf Ertragsbildung und Qualität von Zuckerrüben

Henning Ebmeyer und Christa Hoffmann

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

Einleitung

Die Ertragsbildung und Qualität von Zuckerrüben wird durch Trockenstress beeinträchtigt (Ober 2001; Bloch et al. 2006a). Bisher ist nur wenig bekannt über die Wachstumsphase, in der Zuckerrüben auf Trockenstress am stärksten reagieren. Viele Pflanzen, auch Zuckerrüben, reagieren auf Trockenstress mit einem effizienteren Wasserverbrauch und somit einer höheren Wassernutzungseffizienz (Blum 2009; Bloch et al. 2006b). Einfluss auf den Wasserverbrauch können die Lufttemperatur und die Wachstumsrate haben (Ehlers und Goss 2016). Mit steigenden Temperaturen steigt auch der Anspruch an die Wasserversorgung (Sinclair und Weiss 2010). Da sich die Höhe der Wachstumsrate im Verlauf des Wachstums ändert (Terry 1968), kann ein Einfluss der Wachstumsrate auf den Wasserverbrauch vermutet werden. Daher sollte in dieser Untersuchung bestimmt werden, in welcher Wachstumsphase Trockenstress die stärksten Beeinträchtigungen verursacht und ob diese bei Wiederbewässerung im Laufe des Wachstums wieder kompensiert werden können. Außerdem sollte der Einfluss der Temperatur und der Wachstumsrate auf den Wasserverbrauch untersucht werden.

Material und Methoden

Gefäßversuche im Gewächshaus mit 6 (2017) bzw. 3 (2018) Zuckerrüben-Genotypen wurden in der Zeit von März bis November in mit Sand befüllten 30 L Gefäße durchgeführt. Die Wasserhaltekapazität (WHK) wurde mittels Trockensubstanz und pF-Charakteristik bestimmt. Alle 2 Tage wurde die verbrauchte Wassermenge ergänzt, um das Gewicht von 100 % WHK (Kontrolle) bzw. 60 % WHK (Trockenstress) zu erreichen. Trockenstress wurde in unterschiedlichen Phasen des Wachstums jeweils für eine Dauer von 4 Wochen simuliert. Neben der ausreichend bewässerten Kontrolle gab es Trockenstress im Mai, Juli oder September (2017) bzw. Trockenstress im Juni, August sowie Juni und August (2018). Vor und nach den Trockenstressphasen erfolgte eine ausreichende Bewässerung auf dem Niveau der Kontrolle. Bei der Ernte wurden Ertrags- und Qualitätsparameter erfasst. Mit dem wöchentlich erfassten Rübindurchmesser konnte unter Anwendung der Formel von Hoffmann (2017) der tägliche Zuwachs im Rüben-ertrag abgeschätzt werden. Die Temperatursumme wurde unter Berücksichtigung einer Basistemperatur von 3°C berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse in diesem Versuch zeigten, dass bei frühem Trockenstress im Mai die qualitätsbestimmenden Nichtzuckerstoffe deutlich höher und der Zuckerertrag geringer waren als bei Trockenstress im Juli oder September (nicht dargestellt).

Im Sommer steigt mit steigenden Temperaturen das Sättigungsdefizit der Atmosphäre (Sinclair und Weiss 2010), weshalb erwartet wurde, dass auch der Wasserverbrauch ansteigt. In diesem Versuch stieg der Wasserverbrauch der Kontrollvariante mit unbegrenzter Wasserversorgung aber nur bis zu mittleren Tagestemperaturen von 23 °C an und blieb auch bei höheren Temperaturen auf konstant hohem Niveau (Abb. 1). Zuckerrüben regulieren offensichtlich ab dieser Temperatur die Wasseraufnahme. Durch Schließen der Stomata wird neben der

Transpiration auch die Trockenmassebildung begrenzt. Da der Hitzestress für alle Varianten der limitierende Faktor war, muss es weitere Faktoren geben haben, die Unterschiede in der Reaktion auf die unterschiedlichen Trockenstressphasen erzeugt haben.

Der Zuwachs im Rübenenertrag nahm bei der Kontrollvariante zu Beginn des Wachstums stark zu und reduzierte sich nach dem Erreichen des Maximums bei 1800 °Cd wieder (Abb. 2). Im Mai (500-1050 °Cd) wurden die Pflanzen durch Trockenstress beeinträchtigt, sodass die täglichen Zunahmen im Rübenenertrag geringer waren und erst später das Maximum erreichten. Trotz Wiederbewässerung nach Trockenstress erreichte der Anstieg der täglichen Zuwächse nicht wieder das Niveau der Kontrolle, sondern verlief parallel auf niedrigerem Niveau. Der starke Anstieg der Wachstumsraten zu Beginn der Vegetationsperiode könnte erklären, wieso bei frühem Trockenstress im Mai die Auswirkungen stärker waren als bei Trockenstress zu späteren Zeitpunkten. Eine fehlende Kompensationsfähigkeit nach Trockenstress wird damit erklärt, dass die Wachstumskurve nach Trockenstress parallel zur Kontrollvariante verläuft.

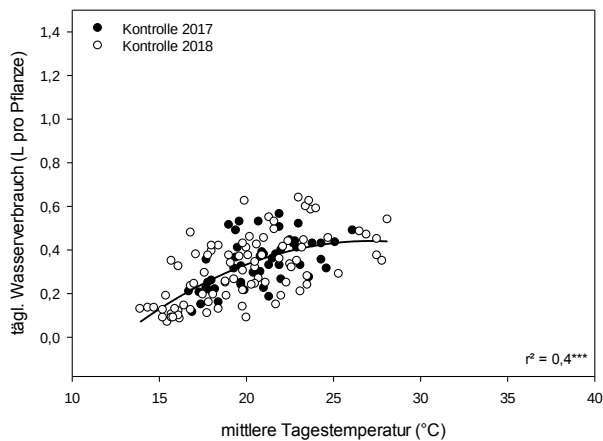


Abb. 1: Beziehung zwischen dem tägl. Wasserverbrauch und der mittleren Tagestemperatur bei Zuckerrüben; Gefäßversuch im GWH mit 6 (2017) bzw. 3 (2018) Genotypen, Mittel aus 5 Wdh., Wachstum 191 bzw. 253 Tage.

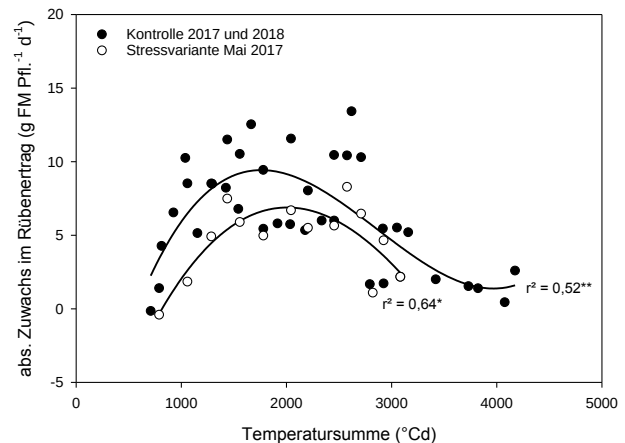


Abb. 2: Beziehung zwischen dem berechneten abs. Zuwachs im Rübenenertrag und der Temperatursumme bei Zuckerrüben; Gefäßversuch im GWH mit 6 (2017) bzw. 3 (2018) Genotypen, Mittel aus 5 Wdh., Wachstum 191 bzw. 253 Tage, Trockenstress 60 % Wasserhaltekapazität (WHK), Kontrolle 100 % WHK.

Literatur

- Bloch, D.; Hoffmann, C. M.; Märländer, B. (2006a): Solute Accumulation as a Cause for Quality Losses in Sugar Beet Submitted to Continuous and Temporary Drought Stress. In: J Agron Crop Sci 192 (1), S. 17–24.
- Bloch, D.; Hoffmann, C. M.; Märländer, B. (2006b): Impact of water supply on photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of sugar beet genotypes. In: Eur J Agron 24 (3), S. 218–225.
- Blum, A. (2009): Effective use of water (EUW) and not water-use efficiency (WUE) is the target of crop yield improvement under drought stress. In: Field Crops Res 112 (2-3), S. 119–123.
- Ehlers, W.; Goss, M. (2016): Water dynamics in plant production. 2nd edition. Wallingford, Boston: CABI.
- Hoffmann, C. M. (2017): Changes in root morphology with yield level of sugar beet. In: Sugar Industry 142 (7), S. 420–425.
- Ober, E. (2001): The search for drought tolerance in sugar beet. In: British Sugar Beet Review 69 (1), S. 40–43.
- Sinclair, T. R.; Weiss, A. (2010): Principles of ecology in plant production. 2. ed. Wallingford: CABI.
- Terry, N. (1968): Developmental Physiology of Sugar Beet: I. The Influence of Light and Temperature on Growth. In: J. Exp. Bot 19 (61), S. 795–81

Drivers of crop response to climate change in Europe

Heidi Webber^{1,2}, Frank Ewert^{1,2}, Jørgen E. Olesen³, Christoph Müller⁴, Stefan Fronzek⁵, Alex Ruane⁶, Maryse Bourgault⁷, Pierre Martre⁸, Behnam Ababaei^{8,9}, Marco Bindi¹⁰, Roberto Ferrise¹⁰, Robert Finger¹¹, Nandor Fodor¹², Clara Gabaldón-Leal¹³, Thomas Gaiser², Mohamed Jabloun¹⁴, Kurt-Christian Kersebaum¹, Jon I. Lizaso¹⁵, Ignacio J. Lorite¹³, Loic Manceau⁸, Marco Moriondo¹⁶, Claas Nendel¹, Alfredo Rodríguez^{15,17}, Margarita Ruiz-Ramos¹⁵, Mikhail A. Semenov¹⁸, Stefan Siebert¹⁹, Tommaso Stella¹, Pierre Stratonovitch¹⁸, Giacomo Trombi¹⁰ and Daniel Wallach²⁰

1. Leibniz-Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), 15374 Müncheberg / Germany
2. Institute of Crop Science and Resources Conservation, University of Bonn, Bonn, Germany
3. Aarhus University, Department of Agroecology, Tjele, Denmark
4. Potsdam Institute for Climate Impact Research, Germany, Potsdam
5. Finnish Environment Institute, Helsinki, Finland
6. National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies, New York, USA
7. Northern Ag Research Center, Montana State University, 3710 Assinniboine Road Havre, MT USA
8. LEPSE, Université Montpellier, INRA, Montpellier SupAgro, 34060 Montpellier, France
9. Native Trait Research, Limagrain Europe, 63720 Chappes, France
10. Department of Agri-food Production and Environmental Sciences - University of Florence, P.le delle Cascine 18, 50144 Firenze, Italia
11. ETH Zurich, Agricultural Economics and Policy Group, Zürich, Switzerland
12. Centre for Agricultural Research, Hungarian Academy of Sciences, Martonvásá, Hungary
13. IFAPA-Centro Alameda del Obispo, P.O. Box 3092, 14080 Córdoba, Spain
14. School of Biosciences, University of Nottingham, Loughborough, LE12 5RD, UK
15. Research Centre for the Management of Agricultural and Environmental Risks (CEIGRAM), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, Spain
16. CNR-IBIMET, Via Caproni 8, 50100 Firenze, Italia
17. Universidad de Castilla-La Mancha, Department of Economic Analysis and Finances, 45071, Toledo, Spain
18. Department of Plant Science, Rothamsted Research, Harpenden, UK
19. University of Göttingen, Department of Crop Sciences, Göttingen, Germany
20. INRA, Castanet Tolosan, France

Abstract

Beyond projecting impacts of climate change on European crop productivity, crop models can offer insights into the drivers of yield changes. Such information can support adaptation planning and respond to changing production risks. This study used a crop model ensemble in gridded simulations across Europe to assess the contributions of different processes with temperature and/or water stress responses on historical yield variability (1984 to 2009) and future impacts under climate change to 2050 for grain maize and winter wheat. Across Europe, for both crops, variation in mean growing season temperature explained approximately 25% of the variation in national yields, mainly related to temperature sensitivity of crop development. On the other hand, drought explained approximately another 25% of variation in maize yields, but none in winter wheat. This is related to the fact that many of the models did not consider the influence of high rainfall amounts on disease and lodging related yield reductions. Climate change resulted in yield losses for grain maize and gains for winter wheat. Across Europe, on average heat stress did not increase for either crop in rainfed systems, while drought stress intensified for maize only. In low yielding years, drought stress persisted as the main driver of losses for both crops, with

elevated CO₂ offering no yield benefit in these years. There was a high level of spatial variation in responses for both historical and scenario projections, such that adaptation planning would need to make use disaggregated soil, climate and management data.

Umwelteinflüsse auf die Sojaproduktion in Deutschland

Olena Sobko¹, Sabine Zikeli², Wilhelm Claupein³ und Sabine Gruber³

¹Saaten Union GmbH Versuchsstation Moosburg, Grünseiboldsdorf 6, D-85368 Moosburg.
Email: olena.sobko@saaten-union.de

²Universität Hohenheim, Zentrum Ökologischer Landbau, Fruwirthstrasse 14-16, 70599 Stuttgart

³Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Fruwirthstrasse 23, D-70599 Stuttgart

Einleitung

Die Anbaufläche von Sojabohnen (*Glycine max* (L) Merr.) in Deutschland wächst stetig. Aufgrund des hohen Wärmebedarfs der Kultur sind nicht alle Regionen Deutschlands für den Anbau geeignet. Bisher findet der Anbau überwiegend in den südlichen Landesteilen statt. Die Sojabohne ist ursprünglich eine Kurztagpflanze aus Regionen mit relativ hoher Einstrahlung und hohen Temperaturen während der Vegetationsperiode. Im Rahmen dieser Arbeit wurde die Frage untersucht, wie die Umweltparameter Niederschlag, Sonneneinstrahlung und Crop Heat Units (CHU) den Kornertrag und die Protein- und Ölgehalte beeinflussen.

Material und Methoden

In einem einfaktoriellen Feldversuch mit vier Wiederholungen auf vier Standorten im Jahr 2016 und fünf Standorten im Jahr 2017 wurden insgesamt 13 Sojasorten aus den Reifengruppen 000 und 00 geprüft hinsichtlich ihrer Reaktion auf unterschiedliche Umweltparameter geprüft (Tab. 1).

Tabelle 1. Der Überblick der Standortseigenschaften und der geprüften Sorten

Versuch	Standort	Ø Werte		Sorten	Sorten
		Niederschlag mm	Temperatur, °C	Reifengruppe 000	Reifengruppe 00
GSD2016	Gruenseiboldsdorf	814	7.7	Adsoy	Tourmaline
EKW2016	Eckartsweier	726	9.9	Merlin	ES Mentor
WET2016	Wetterau	655	9.3	Sultana	SY Eliot
GUS2016	Guesten	660	10.0	Viola	Orion
GSD2017	Gruenseiboldsdorf	814	7.7	Sculptor	Primus
EKW2017	Eckartsweier	726	9.9	Lissabon	
WET2017	Wetterau	655	9.3	Regina	
GUS2017	Guesten	660	10.0	Coraline	
ROS2017	Rossleben	532	9.4		

Für die Inokulation wurde HiStick® Soy verwendet, ein torfbasiertes Impfmittel. Die Aussaatstärke lag bei den 000-Sorten 70 und bei 00-Sorten 65 keimfähige Körner m⁻². Die Versuche auf allen Standorten in beiden Jahren wurden in der dritten Aprilwoche gesät. Die Versuchsparzellen wurden in der zweiten Septemberhälfte der jeweiligen Versuchsjahre beerntet. Ausnahme waren nur die Standorte WET2017 und ROS2017, dort war der Sojabestand erst Mitte Oktober druschreif. Dabei wurden Kornertrag, Protein- und Ölgehalt in TM, sowie deren Erträge ermittelt. Von den Umweltfaktoren wurden Niederschlagsmenge, Einstrahlung, T_{min} und CHU untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Varianzanalyse zeigte höchst signifikante Einflüsse der Sorte auf den Proteingehalt (Ø 41,1 % Rohprotein in TM) und hoch signifikante Einflüsse auf den Ölgehalt (Ø 19,1% in TM), jedoch keine auf den Kornertrag (Ø 40,5 dt ha⁻¹) (Tab.2).

Tabelle 2. Varianzanalyse und Heritabilität für Sojabohnen Körnerertrag und Qualität (über zwei Versuchsjahren und fünf Standorten)

	<i>p value</i>				
	Körnerertrag	Proteingehalt	Ölgehalt	Proteinерtrag	Ölertrag
Sorte	0.14	0.0001***	0.002**	0.13	0.09
Jahr	0.28	1.0	1.0	0.7	0.19
Ort	0.32	1.0	1.0	0.87	0.05*
Jahr: Sorte	0.02*	0.7	0.104	0.01*	0.04*
Ort: Sorte	0.43	0.5	1.0	0.18	0.7
Jahr: Ort	0.01*	0.0001***	0.0001***	0.0001***	0.8
Heritabilität, %	0.5	0.8	0.7	0.5	0.6

Significant codes, $p =$: 0 (****) 0.001 (***) 0.01 (**)

Die höchste Heritabilität wurde bei Proteingehalt (0,8) erreicht, gefolgt von Ölgehalt (0,7). Es gab eine starke negative Korrelation ($R = -0,82$) zwischen dem Proteingehalt und dem Ölgehalt über alle Sorten, Standorte und Versuchsjahre (nicht dargestellt).

Alle signifikanten Korrelationen zwischen den geprüften Umweltparametern und dem Kornertrag sowie dem Protein- und Ölgehalt lagen unter $R=0,5$ im Mittel aller Sorten und Jahre (Tab.3).

Tabelle 3. Phänotypische Korrelationen zwischen Ertrag, Qualität des Ernteguts und Umweltfaktoren, Mittelwert über zwei Versuchsjahren, fünf Standorten und 13 Sorten; nur statistisch abgesicherte Korrelationen bei einem Konfidenzniveau von 95 %

	Nieder schlag, mm	Einstrah- lung, kWh m ⁻²	CHU	Niedersch- lag zu Blühte- Körnerfüll- ung mm	Tmin in der Nacht, °C	Eilstrahlung zur Blühte- Körnerfüllu- ng, kWh m ⁻²	CHU zu Abreife
Körnerertrag, t ha ⁻¹	0.33	0.32	-0.37	0.47	-	0.46	-0.42
Proteingehalt, % TM	-	-	-	-	-	-0.24	0.23
Ölgehalt, % TM	-	-	-	-0.34	-0.29	-	-
Proteinерtrag, t ha ⁻¹	0.27	0.28	-0.32	0.46	-	0.38	-0.34
Ölertrag, t ha ⁻¹	0.34	0.34	-0.39	0.37	-	0.44	-0.40

Der Kornertrag korrelierte signifikant positiv mit der Einstrahlung und dem Niederschlag, und signifikant negativ mit CHU. Protein- und Ölgehalte über alle Sorten und Standorte korrelierte mit keinem der Umweltparameter signifikant. Die 00-Sorten zeigten weniger signifikante Korrelationen mit den geprüften Umweltfaktoren als die 000-Sorten (nicht dargestellt). Es war hauptsächlich die Einstrahlung, die über einen hohen Kornertrag zu einer Erhöhung der Protein- und Ölerträge führte (vergleichbar mit Roßberg und Recknagel, 2017).

Literatur

Roßberg D., und J. Recknagel. 2017. Untersuchungen zur Anbaueignung von Sojabohnen in Deutschland. Journal für Kulturpflanzen: 69(4): 137–145.

Autorenverzeichnis

Ababaei B	238	Dolch C	125
Ahlborn J	71	Donauer J	31
Ahlers S	39	Duttmann R	178
Arrekhi A	56	Ebmeyer H	236
Astor T	29, 41, 210	Eckl T	200
Athmann M	37	Eichler-Löbermann B	23, 135
Augustin K	178	Erbe C	35
Aulrich K	13	Eschwe M	157
Bachinger J	56, 99, 224	Eulenstein F	71
Baga M	171	Ewert F	238
Barkusky D	206	Fallah S	49, 97, 202
Baumgärtel G	95	Feike T	21, 171
Becker L	167	Ferrise R	238
Behrendt A	71	Fiedler D	21
Beiküfner M	27	Fier A	25
Bellingrath-Kimura S.D.	184, 206	Finger R	238
Bergjord Olsen A.K.	171	Fischer J	13, 169
Berg-Mohnicke M	73	Flessa H	95
Bindi M	238	Fodor N	238
Birnbeck S	111	Forst P	19
Blankenhorn B	17	Fraser N	143
Bloch R	56, 99, 224	Freitag F	23
Böhm H	13, 59, 169	Fricke A	68, 129
Bokelmann W	119	Fricke T	210
Borm C	157	Friedel JK	17
Bourgault M	238	Fromme F.J.	171
Breuer J	35	Fronzek S	238
Brunotte J	178, 180	Fuchs P	83
Büchse A	39	Gabaldón-Leal C	238
Bugner A	19	Gabriel D	149
Bukowiecki J	31, 208	Gaiser T	73, 238
Burgel L	151	Gans W	190
Burmeister J	11, 109, 111, 113	Gebbers R	33
Butz A.F.	89, 220, 226	Gerhards R	220
Casadebaig P	173	Gilg A	228
Chen T.-W.	123, 173	Gitzel J	230
Chibbar R.N.	171	Gollner G	17
Chmelikova L	107, 115	Gottwald F	1
Christen O	83, 182, 204	Götze P	85
Claupein W	240	Graber B	194
Dandl M	133	Graeff-Hönninger S	151
Deyerler M	61	Graß R	103, 210
Dietrich N	119	Grausgruber H	171
Dirks I	159	Greef J.-M.	149
Dittert K	95	Gröblichhoff F.-F.	75, 137
Dobos G	69	Grosse M	15

Gruber S.....	240	Kluß C.....	52
Hackauf B.....	171	Koal P.....	23
Hahn H.....	204	Koch H.-J.....	85, 91, 95
Haikka H.....	171	Kohlbrecher M.....	65
Halwani M.....	99, 224	Köller S.....	75
Hamer M.....	198	Kolmer M.....	186
Hanek M.....	171	Köpke U.....	37
Hanusova H.....	107	Kottmann L.....	171
Hartung J.....	10	Kramer E.....	33
Hartung K.....	35	Kühling I.....	27, 101
Harvie J.....	171	Kuhwald M.....	178
Heiles E.....	194	Künne M.....	139
Heimpold K.....	58	Kyere I.....	210
Heine F.....	11	Lade T.....	71
Heinrich M.....	119	Lange C.....	135
Hensgen F.....	216	Ledermüller S.....	178
Herbst F.....	190	Leitenberger K.....	198
Herrmann A.....	52	Lemke S.....	178
Hertzberg J.....	178	Lentsch P.....	71
Heumann S.....	25	Leschhorn B.....	186, 188
Hierold W.....	15	Lindenstruth F.....	178
Hoberg H.....	37	Lingemann K.....	178
Höcherl S.....	115	Linnemann L.....	153
Hoffman A.....	95	Lizaso J.I.....	238
Hoffmann C	147, 155, 165, 206, 236	Loges R.....	52
Hoffmann H.....	5	Lorenz M.....	178, 180
Hofmann M.....	133	Lorite I.J.....	238
Höller M.....	167	Lück K.....	33
Honermeier B	8, 139, 145, 153, 186, 188	Lünsdorf M.....	75
Höppner F.....	13, 169	Ma H.....	67
Hufnagel J.....	184	Ma L.....	139
Hülsbergen K.-J....	107, 115, 212, 222, 228	Machleb J.....	220
Huynh T.H.	184	Macholdt J.....	8
Idler L.....	95	Mahdi B.....	202
Jabloun M.....	238	Maidl F.-X.	212, 222, 228
Jacobs A.....	180	Malec S.....	103
Jacobs J.....	178	Manceau L.....	238
Jeschke D.....	21	Martre P.....	238
Kage H.....	31, 95, 163, 208, 214	Meinen C.....	81, 159
Kamau S.M.....	131	Merbach W.....	190
Kämpfer T.....	149	Merkle L.....	226
Kaul H.-P.	49, 69, 97, 202	Merl S.....	95
Kautz T.....	37, 157, 161	Meyer K.....	25
Kersebaum K.-C.	238	Meyer S.....	33
Kirschke T.....	204	Miederer W.....	200
Kleuker G.....	155	Mittermayer M.....	228
Klimek-Kopyra A.....	69	Möckel T.....	216
Kling C.....	33	Moll L.....	141
		Möller K.....	35, 105, 218, 226
		Monkos A.....	196

Moriondo M.....	238	Rodríguez A.....	238
Moualeu-Ngangue D	123, 125, 127	Röper K	75, 77, 137
Mouratiadou I.....	73	Rose T	31, 163
Müller C	238	Roß C	174, 176
Müller-Lindenlauf M	105	Roß C.-L.	157
Munz S	121	Roßberg R	39
Myint S.S.	127	Ruane A.....	238
Nasser V.....	95	Rücknagel J.....	83, 182, 204
Nätscher L	228	Rühl G	149
Nause N.....	147	Rühlmann J.....	33
Nawar A.I.....	234	Ruiz-Ramos M.....	238
Nendel C.....	73, 238	Ruser R	95
Neugschwandtner R.W.....	69, 202	Salama H.S.A.	234
Nezam Abadi S.M.....	68	Salehi A	49, 97, 202
Niewinska M	171	Salzeder G.....	89, 194
Niknahad-Gharmakher H.....	56	Sawade L.....	101
Olesen J.E.....	238	Schäfer B.C.	75, 77, 137
Osterburg B	178	Scharschmitt P.....	71
Ostermayr A	93	Scheibe D	33
Ott J.....	218	Schindler U	71
Owino L	63	Schittenhelm S.....	171
Paeßens B.....	89	Schlathölter M.....	95
Pahlmann I	95	Schlüter S	182
Panassiti B.....	109	Schmid H	107, 115
Pao Y.-C.....	123	Schön A.....	188
Papaja-Hülsbergen S	115	Schröter I	33
Pekrun C.....	117	Schulz V.S.	105
Pestsova E	167	Schulze-Brüninghoff D.....	216
Petersen J	19	Schumann C	105
Petzke N	119	Schwarz J	192, 230
Petzoldt L.....	161	Schwinn H.....	188
Philipp G	33	Semenov M.A.	238
Pickert J.....	71	Sensel-Gunke K.....	119
Piepho H.-P.	8, 10	Shawon A.R.....	171
Pilz S	117	Siebert S.....	81, 238
Pöhlitz J	182	Siekmann D	171
Pude R 75, 77, 137, 141, 143, 167, 198		Siekmann M.....	178, 180
Püttschneider N	75	Sobko O.....	240
Quast D	117	Söffker D.....	63
Raab T.....	119	Solbach J.A.....	129
Räbiger T.....	95	Stein-Bachinger K.....	1
Ramandi A.D.	145	Stella T	73, 238
Rauber R	81	Stich A	69
Rechner O	68	Stolzenburg K	105
Reckling M.....	45, 99, 101	Stotter M	198
Reddersen B.....	214	Stracke A	91, 95
Rehm A.....	232	Stratonovitch P	238
Reinsch T	52	Streit J	159
Repmann F.....	119	Strenner M	222
Rinke N.....	59	Struck I.J.....	52

Stumpf B.....	139	Wang T.-C.	173
Stützel H..68, 123, 125, 127, 129, 131, 173		Webber H.....	238
Surböck A.....	17	Weis M.....	218
Tamm I	171	Weisenburger S	105, 196
Taube F	52	Weng J	212
Tenhola-Roininen T	171	Wengert M	29
Thai T.H.....	206	Wenzel L.....	19
Thumm U.....	10	Wesonga J.M.....	131
Thurner S.....	133	Westhoff P	167
Trautz D.....	27, 65	Wever C.....	167
Trimpler K.....	174, 176	Wiemann T	178
Trombi G.....	238	Wiesner F	171
Tupits I.....	171	Wijesingha J	29
Uhl J	61, 200	Winklhofer P	23
Urbatzka P.....61, 79, 89, 93, 194, 200, 232		Winte C.....	65
Urgibl A.....	200	Winterling A	61, 93
Vaziritabar Yavar	186	Wolfrum S.....	11, 109, 111, 113
Vaziritabar Yazdan	186	Wurbs A.....	184
Vergara M.....	27	Würfel T	35
Vogel H.-J.	182	Xu M	139
Vogel S.....	33	Yan F	139, 186, 188
Völker U.....	190	Zarnik S	196
Völkerling G.....	141, 143, 198	Zechner E	171
Volkmann C	153	Zeller M.....	218
Waalén W	171	Zicker T.....	23, 135
Wachendorf M	29, 41, 103, 210, 216	Ziesemer A	87
Wagentristl H.....	69	Zikeli S	240
Wallach D	238	Zill J	204
Walter R.....	11, 109, 111, 113	Zitterl-Eglseer K	49
		Zott S	79, 194