

**Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 30**

From Big Data to Smart Farming

61. 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

61. Jahrestagung der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e. V.

25. bis 27. September 2018

Kiel

From Big Data to Smart Farming
Kurzfassungen der Vorträge und Poster

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

Verlag Liddy Halm
Göttingen 2018

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: From Big Data to Smart Farming

Bach, H., S. Migdall, M. Buddeberg: Talking Fields: Nutzung von Satelliten-fernerkundung und Modellierung im praktischen Smart Farming Einsatz	1
Mahlein, A.-K.: Nah- und Fernerkundungstechnologien zur Phänotypisierung von Nutzpflanzen – Beispiele aus dem Bereich Präzisionspflanzenschutz.....	6
Hawkesford, M.J., A.B. Riche, P. Sadeghi-Tehran, N. Virlet: High throughput and high resolution field phenomics and applications	7
Walter, A.: Wann werden Roboter die Bauern ersetzen?	11

Parallelsektion Düngung

Bussink, D.W., G.H. Ros, N. Van Eekeren: A new route to N fertilizer recommendations in the Netherlands.....	17
Rose, M., I. Pahlmann, H. Kage: Einfluss der N-Düngung zu Winterraps auf Mineralisations- und Immobilisationsprozesse nach der Ernte	19
Eißner, F. <i>et al</i> : Einfluss der Harnstoff-Düngung im Side-Dressing-Verfahren auf gasförmige Stickstoffverluste und Ertragskomponenten bei Wintergetreide	*
Koal, P., T. Zicker, R. Bischof, J. Schlegel, R. Uptmoor, B. Eichler-Löbermann: Asche als alternativer Dünger? Agronomische Effektivität von Biomasseaschen als Phosphordünger.....	21
Ma, H., D. Egamberdieva, S. Wirth, S.D. Belingrath-Kimura: Impacts of biochar and irrigation on soybean-rhizobium symbiotic performance and soil enzymatic activity in a field experiment	23

Parallelsektion Umwelt

Tahmasebi, M., N. Ha, A. Soiltani, T. Feike: Carbon footprint of irrigated vs. rainfed wheat production in Iran	25
Grunwald, D., K. Panten, W.-A. Bischoff, S. Schittenhelm: Auswirkungen eines mehrjährigen Energiepflanzenanbaus auf den Boden- und Wasserschutz	27
Juroszek, P., B. Kleinhenz, P. Racca: Ein wirksamer Pflanzenschutz im Ackerbau trägt dazu bei, die klimarelevanten Emissionen in der Landwirtschaft zu minimieren	29
Böldt, M., R. Loges, C. Kluß, F. Taube: Bewertung von Zwischenfrüchten unter norddeutschen Anbaubedingungen: Spezielle Aspekte des Grundwasser- und Klimaschutzes	31
Ehman, A., A. Weselek, S. Zikeli, I. Lewandowski, T. Schmid, F. Reyer, P. Högy: Agrophotovoltaik – Auswirkung der Beschattung durch Solarmodule auf Bestandesentwicklung und Ertrag von Kulturpflanzen	33

Parallelsektion Modellierung

Pao, Y.-C., T.-W. Chen, D.P. Moualeu-Ngangue, H. Stützel: Modelling dynamic photosynthetic acclimation based on nitrogen turnover under different photoperiods	35
Wijesingha, J., T. Moeckel, F. Hensgen, M. Wachendorf: Grassland biomass modelling from remote sensing 3D point clouds.....	37

II

Kremer, P., J. Ingwersen, P. Högy, A. Poyda, S. Gayler, T. Streck: Noah-MP-Gecros: Boden-Pflanze-Atmosphäre-Interaktionen vor dem Hintergrund des Klimawandels am Beispiel Winterweizen in Deutschland.....	39
Moualeu-Ngangué, C. Dolch, R. Uptmoor, J. Léon, H. Stützel: Assessing the responses of 200 spring barley genotypes to water deficit using linear-plateau models	41
Owino, L., F. Kögler, D. Söffker: Moisture measurement and control in Germination Paper: Use of model predictive control to effect required water amount	43

Parallelsektion Wasser

Eyshi Rezaei, E., S. Siebert: Global patterns of agronomic drought risk.....	45
Ketter, N.C., J.M. Wesonga, H. Stützel: Crop coefficients and morphological characteristics of African nightshade (<i>Solanum scabrum</i> Mill.) under optimum soil water conditions	47
Myint, S.S., D. Moualeu-Ngangué, H. Stützel: Genetic variance in the dynamics of architectural traits and photosynthesis responses of tomato (<i>Solanum pennellii</i> x M82) introgression lines under drought stress.....	49
Wollmer, A.-C., B. Pitann, K.H. Mühling: Ertrag und Nährstoffzusammensetzung von Weizen und Raps nach temporärer Staunässe	51
Feike, T., R. Strauch, M. Tahmasebi: Wheat farmers' water productivity and yield gap in Golestan Province, Iran	53

Parallelsektion Smart Farming I

Manschadi, A.M., H.-P. Kaul, J. Eitzinger, J. Friedel, F. Vuolo, A. Schaumberger, E. Pötsch, G. Bodner, T. Neubauer: Conceptualisation and implementation of the smart farming project FARM/IT in Austria: Challenges and achievements.....	*
Ziesemer, A.: Von der Schlagdokumentation zum optimalen Produktionsverfahren	55
Wolfrum, S., C. Peter, N. Siebrecht, M. Luthardt: Aufbereitung von Fachalgorithmen für Farm Management Systeme - The Good, the Bad and the Ugly .	57
Luthardt, M., N. Siebrecht, S. Wolfrum, C. Peter: Entwicklung eines Farm Management Systems als Basis für das Nachhaltigkeitsmanagement	59
Seeger, J.N. et al: Charakterisierung der Symptomatik neuartiger Nanovirus-Infektionen in Körnerleguminosen mit Hilfe fernoptischer Methoden.....	61

Parallelsektion Smart Farming II

Nendel, C., P. Griffiths, P. Hostert: Satelliten-gestützte Identifikation von Ackerkulturen für regionale Modellanwendungen.....	63
Grüner, E., T. Möckel, M. Wachendorf: Biomasseabschätzung im Feldfutterbau mittels drohnengestützten RGB-Aufnahmen	65
Schulze-Brüninghoff, D., F. Hensgen, T. Möckel, M. Wachendorf: Methoden zur lasergestützten Abschätzung extensiver Grünlandbestände.....	67
Krieger, J., F. Ellmer: Spektrometrische Messungen in Zuckerrüben.....	69
Gerighausen, H., J. Krieger, H. Lilienthal: Phänotypisierung von Winterraps mithilfe eines mobilen, bodengestützten Hyperspektralsystems	71

Parallelsektion Winterweizen - Züchtungsfortschritt

Bönecke, E., L. Breitsameter, N. Brüggemann, T.W. Chen, T. Feike, H. Kage, K.-C. Kersebaum, H. Stützel: Ertrags- und Produktivitätsentwicklung von Winterweizen in Deutschland zwischen 1958 und 2014 - Eine Meta-Analyse.....	73
Knapp, S., J.P. Baresel: Zuchtfortschritt in Winterweizen – Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung und zwischen verschiedenen Anbaugebieten in Deutschland	74
Rose T., S. Nagler, H. Kage: Die Bedeutung von Strahlungsaufnahme- und Strahlungsnutzungseffizienz für den Zuchtfortschritt von Winterweizen.....	76
Lichthardt, C., T.-W. Chen, H. Stützel: Post-anthesis canopy green area duration contributes to breeding progress of German winter wheat	78
Chen, T.-W., C. Lichthardt, H. Stützel: Exploring the genetic variabilities in eco-physiological traits related to yield stability in winter wheat	80

Parallelsektion Winterweizen - Qualität und Düngung

Roßmann, A., P. Buchner, M.J. Hawkesford, K.A. Scherf, K.-H. Mühling: Wie beeinflusst eine Harnstoff-Blattdüngung zur Blüte die Proteinkonzentration und -zusammensetzung und damit die Backqualität von Weizen?.....	82
Klussmann, J., B. Honermeier, L. Linnemann: Eignung alternativer Methoden zur Bestimmung der Backqualität von Weizen bei differenzierter N-Düngung	84
Kern, D., F. Yan, B. Honermeier: Einfluss unterschiedlicher Ausbringungstechniken von Gärresten auf das Wachstum und die N-, P- und K-Aufnahme von Winterweizen	86
Macholdt, J., H.-P. Piepho, B. Honermeier: Einfluss von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität und Umweltsanierungsfähigkeit von Wintergerste	88
Ratjen, A.M., J. Bukowiecki, H. Kage: Refined N fertilization of winter wheat based on UAV observations, site information, weather and climate data	90

Parallelsektion Fruchtfolge

Grosse, M., W. Hierold: Übersicht der Dauerfeldversuche in Deutschland anhand von strukturierten Metadaten.....	92
Poyda, A., H.-D. Wizemann, J. Ingwersen, P. Kremer, P. Högy, T. Streck: Kohlenstoffflüsse und -budgets intensiver Ackerfruchtfolgen in zwei klimatisch unterschiedlichen Regionen Südwestdeutschlands	94
Götze, P., H.-J. Koch: Fruchtfolge- und Bewirtschaftungseffekte auf den Ertrag von Winterweizen im Systemversuch Harste	96
Huynh, T.H., S.D. Bellingrath-Kimura, J. Hufnagel, A. Wurbs: Influence of land use managements on maize yield in a 9-year long field study	98
Pahlmann, I., K. Sieling, H. Kage: Anpassung der Fruchtfolge zur Steigerung der N-Effizienz und Reduktion der N-Bilanzsalden im intensiven Ackerbau	100

Parallelsektion Produktionssysteme/Prediction

Roß, C., N. Stockfisch: Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Maschinenhacke und Mengen herbizider Wirkstoffe	102
Jacobs, A., C. Poeplau, C. Weiser, A. Fahrion-Nitschke, A. Don: Kohlenstoffeinträge in den Boden durch landwirtschaftliches Management – Ergebnisse aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft.....	104

IV

Kirschner, C., A. Fricke, H. Stützel: Welche Einflussfaktoren bestimmen das Wachstum eines Blumenkohlkopfes (<i>Brassica oleracea</i> var. <i>botrytis</i> L.)	106
Koppensteiner, L., G. Fitzgerald, T. Neubauer, F. Urban, H.-P. Kaul, A.M. Manschadi: Predicting maize canopy nitrogen status using the spectral indices CCCl and SCCCi	108
Piepho, H.-P.: Ein Bestimmtheitsmaß (R^2) für gemischte Modelle: gibt es das?	110

Vorträge im Wettbewerb der GPW: Ernst-Klapp-Zukunftspreis

Hey, K., R. Rauber: Index IrA als Werkzeug zur Bewertung von Energiepflanzen .	112
Kögler, F., D. Söffker: Steuerung des Pflanzenwachstums durch Bewässerung....	116
Vinzent, B.: Wie grün ist gelb? Untersuchungen zur agronomischen Nachhaltigkeit im Winterrapsanbau	120

Postersektion 1: Düngung

Schoo, B., O. Stock, M. Kücke, J.-M. Greef: Demonstrationsvorhaben „Indikatoren zur Früherkennung von Nitratfrachten im Ackerbau“	124
Kühling, I., M. Vergara, M. Kohlbrecher, D. Trautz: Auswirkungen reduzierter N-Düngung im Wasserschutzgebiet Belm-Nettetal auf Sickerwasserqualität und Ertragsparameter	126
Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, B. Honermeier: Long-term effect of crop rotation on yield performance of three cereal species under different mineral fertilization - LTFE "BSG" Giessen	128
Kavka, M., K. Wacker, K.J. Dehmer, R. Uptmoor: Phosphor-Aneignungsmechanismen der Kartoffelpflanze	130
Zicker, T., B. Eichler-Löbermann: Effekte einer langjährigen Gärrestdüngung auf Phosphor-Fraktionen im Boden und Pflanzenparameter in einem Feldversuch .	132
Halwani, M., R. Bloch, J. Bachinger: Field site variation of indigenous population of soybean rhizobia in Germany and their symbiotic performance	134
Karges, K., M. Reckling, J. Bachinger, S.D. Bellingrath-Kimura: Einfluss der Beregnung und Sorte auf Ertrag, N_2 - Fixierung und Vorfruchtwirkung von Sojabohnen	136
Rothardt, S., I. Pahlmann, H. Kage: N-Immobilisation durch Zugabe C-reicher Substrate: Effekte auf die Lachgas-Emission	138
Stotter, M., M. Hamer, S. Antonini, K. Leitenberger, G. Völkerling, R. Pude: N-Mineralisierungskinetik von Wirtschaftsdüngern basierend auf <i>Miscanthus</i> -Häckselgut	140
Sekyi-Appiah, A., D.P. Moualeu, Y.-C. Pao, H. Stützel: Dry matter partitioning in greenhouse cucumber as influenced by light and nitrogen	142
Sadeghi, A., B. Honermeier: Effect of different mineral and organic fertilization on microbial biomass carbon, CO_2 respiration of the soil and crop yield in the long-term field experiment (exhaustion experiment) Giessen.....	144

Postersektion 2: Wasser/Pflanzenschutz

Feike, T., N. Ha: Carbon footprint of drip vs. flood irrigated cotton (<i>Gossypium hirsutum</i> L.) in NW China	146
Amer, N., O. Rechner, H. Stützel: Effects of Subsurface Drip Fertigation (SDF) on Plant Growth and Root Distribution	148

Nezam Abadi, S.M., O. Rechner, H. Stützel: Root Growth of Sugar Beet (<i>Beta vulgaris</i> L.) in Subsurface Drip Fertigation system	150
Ebmeyer, H., C. Hoffmann: Genotypische Reaktion von Zuckerrüben auf unterschiedliche Trockenstressphasen	151
Stolzenburg, K: Erste Ergebnisse eines modellhaften Vergleiches von Wärmesummen, Wasserangebot und Wachstumserhebungen in der Vegetation hinsichtlich Standorteignung und Gesamtpflanzenertrag bei Durchwachsener Silphie (<i>Silphium perfoliatum</i> L.)	*
Dreier, C., D.M. Moualeu-Ngangue, H. Stützel: Modellierung der Transpiration von Gewächshausgurken (<i>Cucumis sativus</i> L.) unter Salzstress	153
Beiküfner, M., D. Trautz, I. Kühling: Etablierung einer Untersaat zur Beikrautunterdrückung im ökologischen Sojaanbau	155
Euteneuer, P., H. Wagentristl, S. Steinkellner, C. Scheibreithner, J.G. Zaller: Effects of earthworms and cover crops on plant pathogenic fungi <i>Sclerotinia sclerotiorum</i>	157
Riemer, N., M. Schieler, H. Saucke: Erbsenwicklerschäden (<i>Cydia nigricana</i>) in Körnererbsen – Einflüsse von Flächendistanz und Flächendichte	159
Gruber, S., S. Schwabe, W. Claupein: Beobachtungen von Durchwuchs auf ehemaligen Versuchsflächen mit imidazolinon-tolerantem Raps	161
Postersektion 3: Sensoren/Technik/Methodik	
Bötzl, M., D.P. Moualeu-Ngangue, H. Stützel: 3D-Stresserkennung und –charakterisierung an Gurkenpflanzen (<i>Cucumis sativus</i> L.) mittels Photogrammetrie ..	163
Bukowiecki, J., T. Rose, H. Kage: UAV-basiertes Multispektral-Monitoring von Winterweizenbeständen - Kalibration & Evaluation eines Vegetationsindizes zur Berechnung des Bestandesflächenindizes-.....	165
Meinen, C., J. Streit, N. Legner, A. Naumann, R. Rauber: FTIR-Spectroscopy for Root Discrimination in Multi-Species Mixtures.....	167
Kyere, I., T. Möckel, R. Graß, M. Wachendorf: Multi-temporal Analysis of Agricultural Land cover in Northern Hesse using satellite data.....	169
Kleuker, G., C. Hoffmann: Methoden zur Erfassung der mechanischen Eigenschaften.....	171
Solbach, J.A., A. Fricke, H. Stützel: Einfluss unterschiedlicher Jahreszeiten auf das Wachstum und die Morphologie von Basilikum unter LEDs	173
Wolfrum, S., S. Funke: Entwicklung und Evaluation eines einfachen optischen DYI-Sensors für den Pflanzenbau	175
Möller, A., J. Urban, H. Gerstmann, T. Feike: A framework for standardized calculation of weather indices in Germany	177
Kenter, C., P. Götze, E. Ladewig: Methodische Untersuchungen zur Präzision von Sortenversuchen mit Zuckerrüben.....	179
Pöhlitz, J., J. Rücknagel, O. Christen: Abschätzung kritischer Spannungsbereiche zur Erhaltung der Bodenfunktionen verschieden strukturierter Standorte	181

Postersektion 4: Energiepflanzen/NaWaRo/Linsen/Soja

Grüner, E., R. Graß, M. Wachendorf: Biogas im Ökologischen Landbau nach 2020 (BOEL2020) – Erste Ergebnisse	183
Chmelíková, L., A. Zach, S. Wolfrum: Arthropodendiversität (<i>Arachnida</i> und <i>Insecta</i>) auf Flächen mit unterschiedlichen Energiepflanzen.....	185
Frase, N., M. Höller, G. Völkerling, R. Pude: Prozessentwicklung in der Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen zur Eignung als Papierrohstoff für die Verpackungsindustrie	187
Moll, L., T. Kraska, G. Völkerling, R. Pude: <i>Miscanthus</i> für die nachhaltige baustoffliche Nutzung am Beispiel bindemittelfreier Faserplatten	189
Höller, M.G., N. Frase, G. Völkerling, R. Pude: Mechanische Vorbehandlung von <i>Lolium perenne</i> , <i>Silphium perfoliatum</i> und <i>Sida hermaphrodita</i> , und deren Einfluss auf die Faser- und Partikelmorphologie	191
Thiemann, F., A. Hermanns, G. Völkerling, R. Pude: Einfluss von Genotyp und Aufbereitung auf die Eigenschaften von Dämmmaterialien aus Nachwachsenden Rohstoffen.....	193
Steberl, K., J. Kraus, A. Pflugfelder, W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Entwicklung eines Anbausystems für Saflorblütenfäden zur Farbstoffgewinnung ...	195
Freyer, B., J.K. Friedel, G. Gollner, A. Surböck: Transformation trockenstressgefährdeter Ackerbausysteme zu Agroforstsystemen – Erste Erfahrungen und Perspektiven.....	197
Gruber, S., A.-M. Rieps, V. Schmidt-Cotta, S. Zikeli: Die Erfolgsgeschichte des Linsenanbaus in Südwestdeutschland – erste pflanzenbauliche Blicke hinter die Kulissen	199
Sobko, O., C. Röhl, S. Zikeli, S. Gruber, W. Claupein: Einfluss des Saatverfahrens auf Ertrag, Qualität und agronomische Eigenschaften konventionell angebaute Sojabohnen verschiedener Reifegruppen (<i>Glycine max</i> L. Merrill) ..	201

Postersektion 5: Weizen/Roggen/Yacon/Lupine

Kämpfer, T., D. Gabriel, G. Rühl, J.-M. Greef: Neue versus alte Düngeverordnung im Qualitätsweizenanbau: Wie stark ändert sich der Proteingehalt wirklich?	203
Vaziritabar, Y., Y. Vaziritabar, B. Honermeier: Grain yield of winter wheat cultivars (hybrids vs. lines) depending on different sowing times and growth conditions .	205
Ehlers, R., T. Rose, H. Kage: Interaktionseffekte von Genotyp und Management auf die Seneszenz von Winterweizen.....	207
Knapp, S.: Zusammenhang von intragenotypischer, intra- und interspezifischer Konkurrenz bei Winterweizen.....	209
Fuchs, W., A. Soltani, J. Eitzinger, H.-P. Kaul, A.M. Manschadi: Improving and parameterizing iCrop for smart farming applications in Austria	211
Wang, M., F. Yan, B. Honermeier: Characterization of yield and kernel quality of waxy wheat cultivated with different nitrogen applications	213
Strenner, M., F.-X. Maidl, K.-J. Hülsbergen: Vergleich verschiedener Vegetationsindizes auf ihre Eignung zur Ertragsabschätzung bei Winterroggen	215
Nawar, A.I., H.S.A. Salama, A.M. Shaalan, H.E. Khalil: Land Equivalent Ratio Versus Dry Matter Equivalent Ratio: adequacy for additive intercropping.....	217

VII

Kamp, L., W. Claupein, S. Graeff-Hönninger: Einfluss von Rhizomstückgröße auf Auflaufrate und Knollenertrag von Yacon (<i>Smallanthus sonchifolius</i>)	219
Hensgen, F., D. Schulze-Brüninghoff, T. Möckel, M. Wachendorf: Biomasseertrag und Lupinenanteil in Bergmähwiesen des Biosphärenreservates Rhön in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt	221
Autorenverzeichnis	223

*Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor

Talking Fields: Nutzung von Satellitenfernerkundung und Modellierung im praktischen Smart Farming Einsatz

Heike Bach, Silke Migdall und Marion Buddeberg

VISTA Geowissenschaftliche Fernerkundung GmbH, München. E-Mail: bach@vista-geo.de

Nachhaltige und intelligente Landwirtschaft

Satellitendaten können als eine zentrale, global verfügbare Informationsquelle zukünftiger, informationsgetriebener Landwirtschaft dienen [1]. In ausgefeilte Umweltmanagementmodelle integriert, ermöglichen satellitenbasierte Informationen die Unterstützung der weit gefächerten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Wertschöpfungskette - vom Landwirt über die Lebensmittelindustrie bis hin zur Versicherungs- und Finanzindustrie.

Informationsgetriebene, intelligente Landwirtschaft – Smart Farming - ist ein allgemeiner, in der Landwirtschaft zu beobachtender Trend. Im Smart Farming werden ökologisch und ökonomisch sinnvolle Maßnahmen zur Produktivitätssteigerung und optimierten Ressourcennutzung eingesetzt. Während der Schwerpunkt des Precision Farmings vor allem auf der Landtechnik liegt, um z.B. Traktoren und Erntemaschinen automatisch zu steuern, verlagert sich der Fokus im Smart Farming auf einen umfassenderen, ganzheitlichen Ansatz - von "höchster räumlicher Präzision" zur "intelligentesten Behandlung". Typische Fragen sind zum Beispiel, wo, in welcher Menge, und wann Düngemittel auf dem Feld am besten ausgebracht werden sollen. Ähnliche Fragen stellen sich auch bei der teilflächenspezifischen Bewässerung, wenn sowohl die notwendigen Maschinen als auch der verfügbare Wasservorrat selbst zum optimalen Zeitpunkt an die richtige Stelle im Feld gelangen müssen.

An Monitoringsysteme für die Landwirtschaft werden hohe räumliche und zeitliche Anforderungen gestellt. Die Informationen müssen regelmäßig vorliegen und die räumliche Auflösung so gut sein, dass heterogene Wuchsbedingungen in Feldern erkannt und kartiert werden können. Eine räumliche Auflösung des landwirtschaftlichen Informationssystems von 10 bis 20 m wird derzeit als optimal angesehen. Diese räumliche Auflösung erlaubt ein effizientes Datenmanagement und passt auch zu den derzeitigen technischen Möglichkeiten der Landwirtschaft, die durch die Arbeitsbreite der Landmaschinen bestimmt wird: Sämaschinen (5-10m), Streuer und Mähdrescher (20-40m).

Die Verfügbarkeit und Qualität von Satellitendaten hat sich seit 2015 durch den Start des Copernicus-Programms drastisch erhöht. Insbesondere die Satelliten Sentinel-2 (optisch) und Sentinel-1 (Mikrowelle) liefern Zeitreihen von Daten, die für die Weiterverarbeitung zu Precision Farming Produkten ideal geeignet sind. Aus den Daten dieser Satellitensysteme lassen sich zum Beispiel die angebaute Fruchtart, die Biomasseentwicklung des Pflanzenbestandes, Kalamitäten und Anbaumethoden (Pflügen, Säen, etc.) mit hoher Genauigkeit ableiten. Da die Sentinel-Satelliten alle 3-5 Tage Aufnahmen der gleichen Region liefern, kann das dynamische Wachstum von Nutzpflanzen gut verfolgt werden. Ebenso können untypische Veränderungen im Pflanzenaufwuchs, wie sie beispielsweise bei Krankheitsbefall oder sonstigen Schäden auftreten, schnell erkannt werden. Eine große Herausforderung ist jedoch die laufende Verarbeitung der großen Menge an verfügbaren Daten, die korrekte Analyse und Interpretation der gewonnenen Informationen und die Weiterverarbeitung in Produkte, die für die Endnutzer informativ sind und effizient eingesetzt werden können. Um die von Satelliten gelieferten Datenmengen in Informationsprodukte

umzuwandeln, die für Landwirte praktisch nutzbar sind und Antworten auf spezifische Fragestellungen liefern, bedarf es Auswertealgorithmen, die speziell für die jeweilige Problemstellung der Landwirte entwickelt wurden. Ein Beispiel, wie derartige Daten für Landwirte als aussagekräftige Informationsprodukte aufbereitet werden können, sind die Smart Farming Services von TalkingFields [2].

Mehrjährige Standort-Charakterisierung von Feldern mit Hilfe moderner Datenerfassungstechniken

Die TalkingFields-Basiskarte (Abb.1) basiert auf einer geostatistischen Analyse mehrjähriger optischer Daten, um die räumliche Heterogenität der Wachstumsbedingungen im Feld abzubilden. Sie verwendet alle verfügbaren Satellitenbilder der letzten 5 bis 10 Jahre und bewertet spezifische mehrjährige Merkmale, die als relative Fruchtbarkeit beschrieben werden können. Häufig werden über 100 Szenen analysiert, um die Heterogenität des Standortes optimal darzustellen. Das Ergebnis ist eine Karte, die die langjährigen, stabilen Biomasseunterschiede im Feld kartiert. Mustererkennungstechniken ermöglichen anschließend eine Segmentierung des Feldes in Zonen unterschiedlicher Wüchsigkeit. Die aus einer Segmentierung der TF Basiskarte erstellte TF-Zonenkarte dient der optimierten Durchführung von Bodenuntersuchungen, da sie homogene Regionen in Beprobungszonen zusammenfasst. Die Repräsentativität der Bodenproben wird hierdurch erhöht.

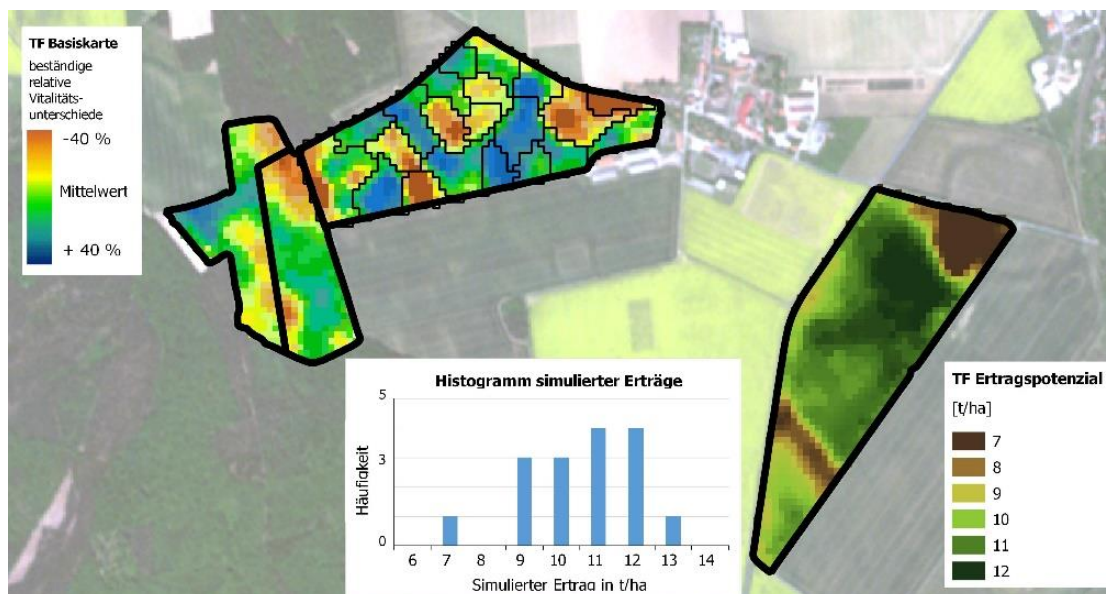


Abb. 1: TF Basiskarte [%] und TF Ertragspotenzialkarte [t/ha]

Die TF-Basiskarte eröffnet dem Landwirt eine neue Sicht auf seine Felder, da sie die Pflanze als Zeiger verwendet und nicht direkt Bodeneigenschaften kartiert. Die in der Basiskarte beobachteten Muster sind dennoch in der Regel an Standortmerkmale gebunden, wie z.B. die nutzbare Feldkapazität oder reliefbedingte Unterschiede in der Wasserspeicherkapazität des Bodens. Selbst innerhalb eines einzigen Feldes können die kleinräumigen Veränderungen der Ertragsbildung leicht um +/- 25% variieren.

Neben dem Trend, sich von der Analyse einzelner Satellitenbilder zu multi-temporalen Bildstapeln zu bewegen, hat auch die Datenassimilation an Bedeutung

gewonnen. Die Integration von Satellitendaten in Prozessmodelle ist bereits eine gängige Praxis für die Wettervorhersage. So werden beispielsweise METEOSAT-Daten in numerischen Wettervorhersagemodellen verwendet und machen die Prognosen zuverlässiger. Dieses Konzept der Datenassimilation wird nun auch in der Landwirtschaft angewandt. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn die TF-Basiskarte zu einer Ertragspotenzialkarte (Abb. 1) erweitert wird. Das Ertragspotenzial ist ein quantitativer Begriff in t/ha und beschreibt, wie viel Ertrag für eine bestimmte Kulturart unter den aktuellen klimatischen und topographischen Bedingungen ohne Nährstoffdefizit, Schädlinge oder Krankheiten erzielt werden kann. Dies ist allein aus Satellitendaten nicht möglich, weshalb hier die räumliche Information aus den Satellitenaufnahmen mit den Ergebnissen von Pflanzenwachstumsmodellierungen des Modells PROMET verrechnet werden. Zur Ermittlung des Ertragspotenzials wird die TF-Basiskarte mit Simulationen der letzten 10 Jahre kombiniert. Hierzu werden mit dem PROMET-Modell die potenziellen Erträge für den jeweiligen Standort simuliert (Details siehe auch [3]) und über den Median der Ergebnisse die stabile Ertragserwartung ermittelt. Eine Histogrammanalyse der modellierten Erträge liefert zudem Informationen über die Gefährdung eines Standortes gegenüber Klimarisiken, wie z.B. Dürren (Abb.1, Mitte). In dem abgebildeten Beispiel ist die Varianz des Ertragspotenzials recht groß. In extrem trockenen Jahren werden in diesem Betrieb nur 7 t/ha Weizen geerntet, während in Jahren mit ausreichendem Niederschlag sogar 13 t/ha erreicht werden können. Das betriebswirtschaftliche Risiko durch unterschiedliche Wetterbedingungen in verschiedenen Jahren ist an dem analysierten Standort demnach relativ hoch. Eine geringere Varianz im Histogramm würde hingegen auf geringere interannuale Witterungsschwankungen an dem jeweiligen Standort hindeuten, oder auf andere Faktoren, die die Witterungsschwankungen ausgleichen können, wie beispielsweise ein sehr guter Boden mit hoher Ausgleichsfähigkeit.

Aktuelle Ertragsbildung durch Nutzung von Satellitendaten in nahezu Echtzeit

Ein weiterer Trend in der Erdbeobachtung ist die schnellere Verfügbarkeit von Satelliten-Informationsprodukten. Landwirtschaftliche Informationsdienste sind nun in der Lage, innerhalb von 24 Stunden nach der Datenerfassung aktuelle Informationen zu generieren. Durch die Ableitung von Pflanzeigenschaften wie Blattfläche, Biomasse und Chlorophyllgehalt werden Informationen über den aktuellen Wachstumsstatus und die zeitliche Entwicklung der Kulturpflanzen an jedem Standort im Schlag bereitgestellt. Daten der aktuellen Biomasse, wie sie die TF Biomassekarte liefert, werden beispielsweise für standortspezifische Pflanzenschutz- und Düngungsmaßnahmen genutzt.

Die TF Biomasse- und Ertragskarte bieten Wachstums- und Ertragsinformationen, die durch die Kombination des Pflanzenwachstumsmodells PROMET mit Zeitreihen von Satellitendaten ermittelt werden. Sie können bereits Wochen vor der Ernte bereitgestellt werden. In Abb. 2 sind drei Blattflächekarten zu sehen, die in das Pflanzenwachstumsmodell PROMET assimiliert wurden, um die täglichen Biomasse-Simulationen zu aktualisieren und kleinräumige Variationen der Biomasseverteilung in den Feldern, die nur in den Satellitendaten erkannt werden können, zu erfassen. Im unteren Teil der Abb. 2 ist auf der linken Seite die mit PROMET modellierte Ertragskarte zu sehen, im rechten Teil der Abbildung findet sich die Ertragskarte eines GPS-gesteuerten Mähdreschers. Beide Ertragskarten weisen die gleichen räumlichen Muster sowie vergleichbare absolute Ertragswerte auf. Die Validierung

der TF Ertragskarten wurde an zahlreichen deutschen Standorten über mehrere Jahre und Kulturarten erfolgreich durchgeführt [4]. Ergänzend zur TF Ertragskarte kann mit einer Karte des Reifegrades auch entschieden werden, wo mit der Ernte begonnen werden soll, um die Logistik der Erntemaschinen zu verbessern.

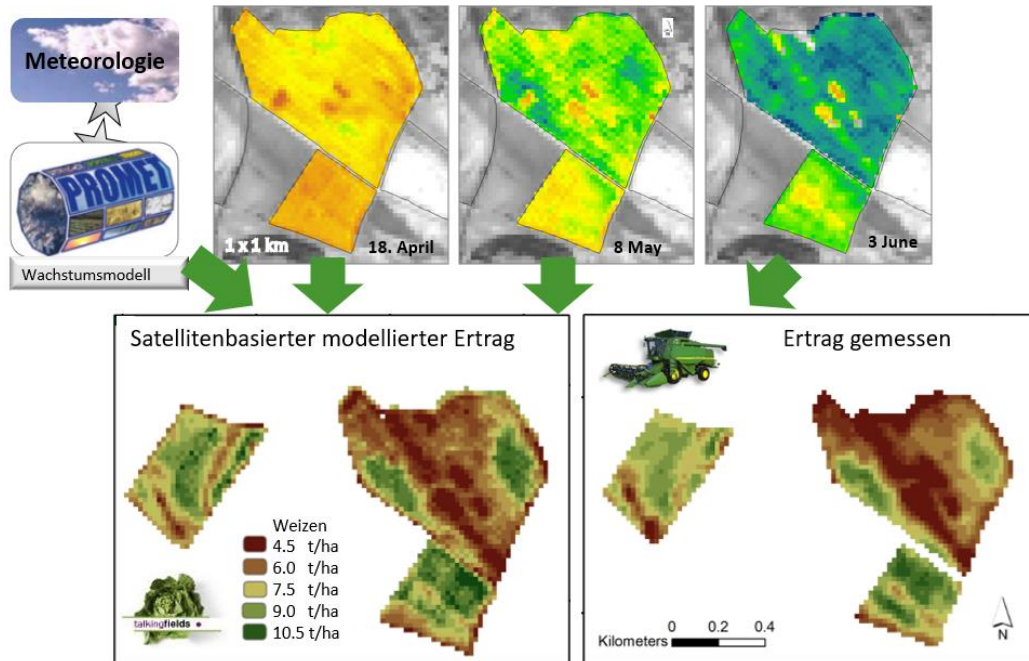


Abb. 2: Prinzip der Datenassimilation von Satelliteninformation in ein Pflanzenwachstumsmodell, um Ertragsvorhersagen zu berechnen.

On-Farm-Forschungstechniken können genutzt werden, um die Effizienz und den Erfolg von Precision Farming-Techniken in einem realistischen Szenario zu validieren [5]. Die Ergebnisse der On-Farm-Forschung von TalkingFields haben beispielsweise gezeigt, dass die Reduzierung des Stickstoffeintrags sogar mit einer Ertragssteigerung einhergehen kann. Eine Ertragssteigerung von 3 bis 6% konnte auch auf besten Böden erzielt werden, was dem Landwirt einen Nettogewinn zwischen 60 - 120 €/ha bringt.

Ein wöchentliches Update des Bestandeszustands während der Vegetationsperiode ist für viele landwirtschaftliche Anwendungen optimal um Managementmaßnahmen zu planen und bei ungünstigen Entwicklungen im Pflanzenbestand schnell reagieren zu können. Abhängig von der Wolkenwahrscheinlichkeit der jeweiligen Region ist diese Wiederholrate jedoch auch bei Kombination mehrerer Sensorsysteme nicht immer zuverlässig verfügbar. Um das Wolkenrisiko zu minimieren, werden die Zeitabstände zwischen den Satellitenbildern für die Erstellung der TF Biomassekarten mit Simulationen aus dem Pflanzenwachstumsmodell PROMET überbrückt. So zeigt sich, dass für Ertragsschätzungen ein Datensatz von 4 Satellitenaufnahmen, die die wichtigsten Entwicklungsstadien abdecken, ausreichend ist [6]. Für die standortspezifische Düngung und Erntelogistik sind hingegen wöchentliche Updates über Satellit vorteilhaft.

Die Vielzahl der zu verarbeitenden Satellitendaten macht es erforderlich, dass die verwendeten Methoden automatisiert, validiert, allgemein anwendbar und damit geografisch übertragbar sind. Einfache Regressionen auf Basis von Spektralindizes erfüllen diese Anforderung nicht. Daher werden in TalkingFields pflanzenphysiologische Parameter durch Analyse der spektralen Information mittels physikalisch

basierter Strahlungstransfermodellen abgeleitet. Auch das Pflanzenwachstumsmodell PROMET ist physikalisch basiert, die verwendeten Algorithmen daher universell gültig und das Modell daher weltweit einsetzbar.

Schlussfolgerungen und Ausblick

Satellitenbasierte Dienstleistungen haben sich als zuverlässige Informationsquelle für die Landwirtschaft erwiesen, selbst bei unterschiedlichen Boden- und Witterungsbedingungen. Informationsprodukte wie die TalkingFields-Karten ermöglichen es dem Landwirt, standortspezifisch und damit präziser zu reagieren. Die teilflächenspezifische Bearbeitung von Ackerflächen resultiert auf lange Sicht in geringeren Produktionskosten, da Ressourcen wie Wasser, Saatgut und Dünger optimal eingesetzt werden. Nicht zuletzt bedeutet präziser auch nachhaltiger, weil beispielsweise bei optimal bemessenen Düngegaben, die genau den Pflanzenbedarf decken, weniger Dünger ins Grundwasser ausgewaschen wird. Smart Farming unterstützt somit durch standortspezifische Anwendungen eine ökologisch und ökonomisch sinnvolle Bewirtschaftung.

Für eine breite Akzeptanz ist es jedoch notwendig, diese Dienstleistungen auf einfach nutzbare Weise bereitzustellen und z.B. innerhalb eines Farm-Management-Informationssystems zugänglich zu machen. Diese Integration ermöglicht beispielsweise die einfache Erstellung von Applikationskarten auf Grundlage der TalkingFields Karten für den Pflanzenschutz oder die Düngung, wie dies z.B. in Next Farming möglich ist. Über das Farm-Management-Informationssystem können die erstellten Applikationskarten einfach und schnell in die Terminals der Landmaschinen exportiert und somit direkt in Kombination mit dem GNSS-gesteuerten Traktor genutzt werden. Dieser integrative Ansatz, der die gesamte Dienstleistungskette vom Satelliten bis zum Traktor-Terminal abdeckt, wird die Akzeptanz der Smart Farming Dienstleistungen bei den Landwirten fördern und deren Einfluss auf die Nachhaltigkeit erhöhen.

Referenzen

- [1] Mauser, W., Bach, H., Hank, T., Zabel, F. & Putzenlechner, B. (2012). How spectroscopy from space will support world agriculture. IGARSS2012 Munich, IEEE 2012 International Geoscience and Remote Sensing Symposium Proceedings, 7321-7324.
- [2] Bach H., Migdall, S., Mauser W., Angermair, W., Sephton, A. J. & Martin-de-Mercado, G. (2010). An integrative approach of using satellite-based information for Precision farming: TalkingFields. Proceedings 61st International Astronautical Congress, Prague, CZ
- [3] Mauser, W., Klepper, G., Zabel, F., Delzeit, R., Hank, T., Calzadilla, A.: Global biomass production potentials exceed expected future demand without the need for cropland expansion, Nature Commun. 6:8946; doi: 10.1038/ncomms9946 (2015)
- [4] Hank, T., Bach, H., Mauser, W. (2015): Using a remote sensing supported hydro-agroecological model for field-scale simulation of heterogeneous crop growth and yield: application for wheat in Central Europe. Remote Sens. 2015, 7, doi:10.3390/rs70403934, pp. 3934-3965.
- [5] Migdall S., Spannraft, K., Bach, H., Hank, T., Frank, T., Mauser, W., Burgstaller, S., Tüller, G. & Angermaier, W. (2013): On-Farm Application of Operational Integrated Satellite Services, ESA Living Planet Symposium 2013, Special Publication SP-722, Edinburgh (UK)
- [6] Hank, T., Frank, T., Bach, H., & Mauser, W. (2013). On the effect of multiseasonal Earth Observation availability for the assimilation-supported modelling of winter wheat, Proceedings ESA Living Planet Symposium 2013, Special Publication SP-722, Edinburgh (UK)

Nah- und Fernerkundungstechnologien zur Phänotypisierung von Nutzpflanzen – Beispiele aus dem Bereich Präzisionspflanzenschutz

Anne-Katrin Mahlein

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

Einleitung

Ein präzises Monitoring von Pflanzenbeständen während der Vegetationsperiode trägt dazu bei, die Ertragsleistung von Nutzpflanzen durch gezielte Managementmaßnahmen zu sichern. Sensor-gestützte Verfahren aus dem Bereich Nah und Fernerkundung bieten hierbei ein großes Potential um Pflanzenkrankheiten in unterschiedlichen Produktionssystemen nicht-invasiv, reproduzierbar und automatisiert zu detektieren. Einsatzgebiete sind die Bereiche Phänotypisierung und Precision Agriculture. Insbesondere im Feld führen standortspezifische Umweltfaktoren und das Bestandesklima oft zu einer heterogenen, nesterweisen Verteilung. Diese und auch primäre Befallsnester können mit optischen Sensoren erfasst werden. Im Bereich Resistenzzüchtung können optische Sensoren Wirt-Pathogen-Interaktionen und die Anfälligkeit von genetischen Züchtungsmaterial effizient im Phänotypisierungsprozess bewerten. In Forschung und Praxis zum Einsatz kommende optische Sensoren sind insbesondere RGB-Kameras, Thermografische Kameras sowie multi- und hyperspektrale Sensoren. Neue Entwicklungen in der Forschung in den letzten Jahren sind insbesondere 3D Technologien zur Erfassung von Bestandesarchitektur und Bestandesdichte. Diese Sensoren sind in der Lage unterschiedliche Parameter von Einzelpflanzen oder Pflanzenbeständen abzuleiten. Für eine effiziente Nutzung von Sensordaten sind effiziente und zielführende Analysealgorithmen erforderlich. Insbesondere Methoden aus dem Bereich Maschinelles Lernen führen zu neuen Erkenntnissen und Einblicken in Prozesse während kompatiblen und inkompatiblen Pflanzen-Krankheitsinteraktionen. Darüber hinaus ist die Integration der Prozesskette Sensorik, Sensordaten Auswertung und Entscheidungsfindung in praxistaugliche Plattformen (Traktorgestützte Systeme, UAV-/ oder Vehikel –basierend) erforderlich. Generell ist - trotz noch erheblichen Forschungs- und Entwicklungsbedarf - davon auszugehen, dass der Fortschritt im Bereich Sensorik und Informationstechnologien, zusammen mit der allgegenwärtigen Verfügbarkeit von geografischen Informationssystemen zukünftig neue Möglichkeiten für den Präzisionspflanzenschutz eröffnet.

High throughput and high resolution field phenomics and applications

Malcolm J. Hawkesford, Andrew B. Riche, Pouria Sadeghi-Tehran and Nicolas Virlet

Rothamsted Research, Plant Sciences Department, West Common, Harpenden, Hertfordshire, AL5 2JQ, United Kingdom. E-Mail: *malcolm.hawkesford@rothamsted.ac.uk*

Requirements for high throughput and high resolution field phenotyping

At Rothamsted, large field trials are in being conducted investigating germplasm diversity for performance traits, particularly with respect to nutrient inputs. The original long-term trial at Rothamsted established in 1843, the Broadbalk experiment, set a precedent for studies on fertilizer inputs and impact on wheat yield and quality, and represents 175 years of data, utilising several varieties but with only a single variety in any one year. Today this experiment is complemented by studies with multiple modern elite germplasm and with large germplasm collections of landraces and derived populations, each with varied nutritional inputs.

These large germplasm trials and the increasing needs for detailed trait dissection, going beyond yield, yield components and simple phenology, demand new precision tools and efficient data pipelines. Two main approaches are described, the first utilizing drone technology as applied to the large-scale field trials, at multiple sites and in successive years, and provides data at the plot level throughout the growing season. The second is an autonomous gantry system, at a fixed site, that provides detailed high temporal and spatial resolution phenotyping data, at the individual plant or even organ level. These technologies are embedded in the BBSRC-supported UK national wheat programme, Designing Future Wheat.

Using drones

Whilst the use of drones for rapid evaluation of crops and trials in the field seems straightforward and even a technology ready for adoption by farmers for their crops, there remain multiple issues. Firstly, legislative issues and a need for trained and insured pilots. Secondly payload/flight times are restrictive. Finally, image analysis and data extraction remains the major bottleneck. For many systems, appropriate calibration is required for research grade data. Various on-board data capture systems are available ranging from simple consumer RGB digital cameras through to sophisticated multispectral and specialist thermal imagers. In this presentation, the focus will be on the use of multi-rotor drones and the application of dual RGB cameras and a separate thermal infrared camera. One of the dual RGB camera is modified to increase sensitivity in the near infrared region, and both cameras have had their photosensitive chips calibrated for spectral responsiveness. The thermal imager is a Optris PI450 camera.

Flights are pre-programmed for each trial and identical flight paths are set through multiple dates in the season using on board GPS. In addition, fixed ground control points are located in each trial for high accuracy geo-positioning of images. A typical 1-2 hectare trial will be covered by 700-800 images, overlapping by around 80% the raw images are processed to corrected for incident light variation (using light sensors and standard targets) and mosaicked together to form an orthophoto and three dimensional point cloud using Agisoft Photoscan software. These geo-located

datasets are then imported into ArcGIS, overlaid with a shape file with the experimental design, and the plot data then extracted. From the point cloud data canopy height (Holman et al., 2017) may be determined. In addition, NDVI data is extracted (Holman et al., in preparation) from the dual camera system and canopy temperatures from the thermal imager (Michalski et al., in preparation). In summary, multiple trials may be surveyed at weekly intervals to give a dynamic picture of crop growth and development across many plots comprising germplasm sets, agronomic treatments and replicates. Such data are rapidly collected but involve substantial post processing for information extraction.

An autonomous fixed site gantry platform – the Field Scanalyzer

Intensive deep phenotyping of crop plants growing in the field under typical arable conditions is achieved with a fixed site, autonomous robotic gantry system as recently described (Virlet et al 2017). A suspended sensor platform is positionable in three dimensions at any point within the experimental area (0.1 ha) and may be programmed for continuous operation, with a placement accuracy of better than 0.5 cm. Data collection may be programmed for random or fixed pattern collection, for individual sensors or multiple sensors. Typical collection is for a scan of all plots with a single camera and may be influenced by ambient environmental conditions, e.g. light, wind, precipitation. Depending upon the experimental design the area available provides for a 2-year crop rotation and up to 1000 germplasm lines grown in triplicate 60 cm rows. The instrument platform houses multiple RGB cameras, a thermal camera, two hyperspectral cameras, a capacity for imaging chlorophyll fluorescence and two laser scanners producing high resolution 3D imagery.

The aim is detailed measurements of growth and performance of multiple wheat germplasm lines through the growing season. This provides a continuum of data collection enabling performance to be determined at all growth stages. Both quantitative measurements of individual features and information of growth stage are required, preferably with an automated workflow.

To achieve this, a number of challenges need to be overcome. Firstly, *feature extraction* to quantify the contents of an image, for example, identify specific organs and growth stages (Sadeghi et al 2017b). Secondly performance evaluation requires quantification of these features by applying supervised and un-supervised machine learning approaches (Sadeghi et al 2017a). Finally, either directly or by proxy measurements, spectral information in the images needs to be related to traits of interest. A new major development is multi-sensor data-fusion to aid in spatially-targeted spectral analysis, for example the use of features detected in RGB images to be used as masks to obtain corresponding data from for example, the thermal imagery.

Prospects for the future

There remain many challenges for automated phenotyping, both with drones and with ground-based technology. Whilst drone technology and ease of use has advanced greatly, application still requires development, particularly with post capture image processing and data extraction. There is potential to get higher resolution data with the newer drone systems and obtain growth stage and pest and pathogen infection information. There are still expected improvements in sensors,

especially the provision of cheaper and higher resolution multispectral and hyperspectral sensors.

The Scanalyzer technology is still to be fully exploited. Future developments will continue in the automatic determination and quantitative assessments of further growth stages, for example flowering characteristics. Assessments of both spectral data and fluorescence data will require corrections for 3D features; this will require advanced sensor data fusion

A major issue with the Scanalyzer is the area restriction, and larger gantry systems are being developed. Alternative platforms including free roaming robotic systems and tractor mounted sensors will also have a place in certain situations.

In all cases penetration of a canopy is restricted and novel canopy penetrating sensors, perhaps using radar or microwave technology need to be investigated. None of these systems addresses high throughput analysis of roots in the field, although potentially techniques for canopy penetration could be extended below ground. Current methods using electrical resistance tomography offer a proxy for measuring root activity but lack the required resolution (Whalley et al., 2017).



Figure 1. The Rothamsted Field Scanalyzer. A purpose built autonomous platform for spatially and temporally intensive monitoring of field trials.

Acknowledgments

Rothamsted Research receives strategic funding from the Biotechnological and Biological Sciences Research Council (BBSRC) as part of the 20:20 Wheat (BBS/E/C/00005202) and Designing Future Wheat projects (BB/P016855/1), and by the Defra sponsored Wheat Genetic Improvement Network project. The authors are grateful for inputs from March Castle (Rothamsted), Martin Wooster and Fenner Holman (Kings College, London) and Adam Michalski and Grzegorz Kulczycki (University of Wroclaw).

References

- Holman FH, Riche AB, Michalski A, Castle M, Wooster MJ, Hawkesford MJ (2016) High Throughput Field Phenotyping of Wheat Plant Height and Growth Rate in Field Plot Trials Using UAV Based Remote Sensing. *Remote Sensing* 8 (12), 1031. DOI:10.3390/rs8121031.
- Sadeghi-Tehran P, Sabermanesh, K Virlet, N Hawkesford, MJ (2017a) Automated Method to Determine Two Critical Growth Stages of Wheat: Heading and Flowering *Frontiers in Plant Science* Volume: 8 Article Number: 252 DOI: 10.3389/fpls.2017.00252
- Sadeghi-Tehran P, Virlet N, Sabermanesh K and Hawkesford M (2017b) Multi-feature machine learning model for automatic segmentation of green fractional vegetation cover for high-throughput field phenotyping. *Plant Methods* DOI: 10.1186/s13007-017-0253-8. 1.
- Virlet N, Sabermanesh K, Sadeghi-Tehran P, Hawkesford MJ. 2017. Field Scanalyzer: An automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. *Functional Plant Biology* 44, 143-153.
- Whalley WR, Binley A, Watts CW, Shanahan P, Dodd IC, Ober ES, Ashton RW, Webster CP, White RP, Hawkesford MJ. 2017. Methods to estimate changes in soil water for phenotyping root activity in the field. *Plant and Soil* 415, 407-422.

Wann werden Roboter die Bauern ersetzen?

Achim Walter

Institut für Agrarwissenschaften, ETH Zürich. achim.walter@usys.ethz.ch

Einleitung

Vor rund hundert Jahren begann die ‚Industrialisierung‘ der Landwirtschaft – heute erleben wir den Beginn ihrer Digitalisierung. Dieser Prozess – von manchen als ‘vierte Revolution’ der Landwirtschaft oder als ‘Landwirtschaft 4.0’ bezeichnet – bietet eine Fülle von Chancen, aber auch von Risiken. Viele auf Digitalisierung beruhende Neuerungen der Landwirtschaft, die bald eine breite Anwendung finden werden, sind heute absehbar (Brewster & Willemer 2018). Dazu gehören zum Beispiel verbesserte Betriebsabläufe, eine Minimierung der zu applizierenden Pestizide im Pflanzenbau, verbesserte Diagnosemöglichkeiten für Krankheiten von Pflanzen und Tieren, präzisere Werkzeuge für die Züchtung und ein schnellerer und umfassenderer Informationsaustausch zwischen Geräten aber auch Personen. Darüber hinaus werden Daten von Maschinen, Betriebsabläufen und Umweltparametern miteinander in Beziehung gebracht: Big Data hält Einzug in die Landwirtschaft (Wolfert et al. 2017). Wie rasch solche Verbesserungsmöglichkeiten auf breiter Front umgesetzt werden, kann jedoch nur schwer vorhergesagt werden und die Umsetzung hängt von verschiedenen Faktoren ab, die sich zwischen Produktionssystemen und Ländern unterscheiden. Letztendlich wird der zu erzielende Preis für Produkte, die mit Hilfe neuer Technik produziert wurden, von grosser Bedeutung dafür sein, wie schnell eine neue Technologie sich durchsetzt. In Ländern wie Deutschland und der Schweiz wird der Preis jedoch stark durch staatliche Massnahmen beeinflusst – und die Zusammenhänge zwischen Landwirtschaft, Umwelt und menschlicher Gesundheit entscheiden zunehmend mit darüber, wie Landwirtschaft betrieben wird. Daher ist die Einführung neuer Techniken im Rahmen der Digitalisierung der Landwirtschaft notwendigerweise mit einem gesellschaftlichen Diskurs verbunden (Walter et al. 2017). Einem Diskurs, der sich mit kurzfristigen Veränderungen befasst - aber auch mit der Frage, welche langfristige Vision mit Hilfe dieser ‘systemverändernden’ Neuerungen verfolgt wird.

Technische Möglichkeiten und Chancen

Die heutigen technischen Möglichkeiten erlauben es, Daten in Mengen zu speichern und zu verarbeiten, die noch vor wenigen Jahren unvorstellbar waren (Wolfert et al. 2017). Dies erlaubt wiederum die Konstruktion von Maschinen, die Arbeiten übernehmen, welche zuvor von Menschen ausgeführt wurden. Zudem können wesentlich mehr Entscheidungsprozesse basierend auf neuartiger Sensorik und Modellen durchgeführt werden. Dies ermöglicht ein differenzierteres Vorgehen bei der Anwendung von Hilfsstoffen. Melkroboter, GPS-assistierte Traktorlenksysteme und Mähdrescher mit teilflächenspezifischer Ernteerfassung sind schon seit längerem im Einsatz (King 2017). Tiere können mit Hilfe von elektronischen Sperren ohne einen Zaun in einem bestimmten Bereich einer Weide eingehegt werden (Umstätter 2011). Dünger kann basierend auf der Intensität der Grünfärbung eines Pflanzenbestandes ausgebracht werden (Mulla 2013). Satelliten erfassen regelmässig das Erscheinungsbild der Vegetation. Ernte-, Handels- Anwendungs- und Liefermengen verschiedenster landwirtschaftlicher Hilfsstoffe und Produkte werden registriert und könnten miteinander in Zusammenhang gebracht werden.

Unbemannte Fluggeräte können heute Bilder von jeder gewünschten Situation erstellen, wenn ein Interesse daran besteht. Die Pflanzenzüchtung beginnt, den ‚Züchterblick‘ mit der Analyse von Gensequenzen und von Bildmaterial zu ergänzen (White et al. 2012; Walter et al. 2015) und wir erleben den Beginn der bildgestützten Erkennung von Pflanzenkrankheiten (Wahabzada et al. 2016).

Im Bereich der Pflanzen-Phänotypisierung wurden in den vergangenen Jahren viele Anstrengungen unternommen, um mit Hilfe von ‘Phänomobilen’ (Deery et al. 2014) oder mit Hilfe von fest installierten Kamera-Einrichtungen (Abb. 1) so präzise wie möglich die Eigenschaften von Pflanzen in Züchtungsexperimenten zu charakterisieren (Kirchgessner et al. 2017; Virlet et al. 2017). Die ersten Erfolge zeigen, dass es so gelingen kann, vor allem die Dynamik von Eigenschaften von Pflanzen besser zu verfolgen, als dies zuvor möglich war. Dies erlaubt zum Beispiel die Selektion von Genotypen, die besser an Kühle angepasst sind (Grieder et al. 2015; Kronenberg et al. 2017) und es ist absehbar, dass durch solche differenzierten Feld-Monitoring-Verfahren auch die Selektion von trocken- hitze- oder krankheitstoleranten Genotypen erleichtert wird. Um solche technischen Entwicklungen für ein weites Spektrum von Anwendungen in der Pflanzenzüchtung nutzbar zu machen, braucht es jedoch noch erhebliche Forschungsanstrengungen. So ist es beispielsweise bisher sehr schwer, in Freilandbedingungen selbst so einfache Parameter wie den Bedeckungsgrad des Bodens hochpräzise zu charakterisieren, da die variablen Lichtbedingungen zu grossen Schwierigkeiten führen (Guo et al. 2013; Yu et al. 2017). Mit Hilfe von machine learning Algorithmen und decision tree Modellen kann man jedoch eine Anzahl von Klassen für unterschiedliche Lichtbedingungen und Kontraste zwischen Pflanze und Hintergrund definieren, die auch unter Freilandbedingungen zum Beispiel die Unterscheidung von Pflanze und Hintergrund zunehmend verbessern.

Die Weiterentwicklung von Algorithmen, die Pflanzen in ihrer Grösse und Form analysieren können, liegt auch einer Reihe von weiteren Anwendungen zugrunde, die im Bereich der Präzisions-Landwirtschaft zum Beispiel darauf abzielen, Pflanzenkrankheiten zu erkennen (Mahlein et al. 2018) oder Unkräuter so zu detektieren, dass eine automatisierte Behandlung möglich wird (Lottes et al. 2017). Ein Anwendungsbeispiel hierfür ist das EU-Forschungsprojekt Flourish (Walter et al. 2018), das die automatisierte Erkennung von Unkraut-Nestern sowie Heterogenitäten von der Luft aus zum Ziel hat (Abb. 2). In Flourish dient die Erkennung von solchen Regionen im Feld gleichzeitig dazu, einen autonomen Feldroboter an diese Stellen zu manövrieren, um dort dann eine verfeinerte Analyse durchzuführen und beispielsweise Unkräuter mechanisch zu entfernen.

Solche Verfahren, aber auch die gezielte Applikation von Pestiziden ausschliesslich an den Stellen eines Feldes, die einen Unkrautbefall oder die Überschreitung einer Schadschwelle aufweisen, haben ein hohes Potential dafür, die Aufwandmengen von Pestiziden stark zu reduzieren. Daher engagieren sich auch namhafte Hersteller von Landtechnik und Hilfsstoffen in diesem Metier (z.B. John Deere durch Aquis von Blue River Technology; <http://www.bluerivertechnology.com/>; siehe auch <https://www.naio-technologies.com/en/>). Wie eingangs erwähnt, besitzen alle oben genannten, mit Digitalisierung verbundenen Technik-Entwicklungen das Potential, Landwirtschaft umweltfreundlicher zu gestalten und gleichzeitig den Einsatz des Menschen in der Landwirtschaft zu minimieren. Ökologie stellt jedoch nur eine der

drei Säulen dar, auf denen Nachhaltigkeit aufgebaut ist. Ökonomie und soziale Aspekte bilden die beiden anderen Säulen. Es stellen sich daher bei der Einführung dieser Techniken unter anderem folgende Fragen: Wird der Erlös des Landwirts steigen, wenn solche Verfahren eingeführt werden – oder ist die notwendige Technik so teuer, dass sie sich nur sehr grosse Betriebe leisten können? Wäre der Verbraucher bereit, ähnlich wie im Fall von 'Bio-Produkten' einen höheren Preis für Lebensmittel zu zahlen, die mit Hilfe neuer Technik umweltschonender angebaut wurden? Können von Seiten des Staates finanzielle Hilfen für die Einführung solcher Techniken angeboten werden? Wie verändert sich die Arbeitswelt durch die Einführung solcher Techniken? Welche Tätigkeiten werden überflüssig in der Landwirtschaft – kurz- oder langfristig? Wie soll eine Maschine neue Pflanzenkrankheiten oder andere neuartige Situationen detektieren?

Risiken

Die technischen Entwicklungen beinhalten grosse Chancen für eine nachhaltigere Landwirtschaft. Sie müssen jedoch gut in den Betriebsablauf integriert werden, um wirklich die Schwelle zur breiten Anwendbarkeit zu überwinden. Das bedingt eine genaue Abstimmung mit den Nutzern dieser Technologie, aber auch das Hinterfragen der langfristigen Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt, die Anbausysteme und die regulatorischen Gegebenheiten des Marktes, in dem diese Techniken eingesetzt werden (Walter et al. 2017). Ein rein von der technischen Entwicklung angetriebener Ausbau der Einsatzmöglichkeiten wird dazu führen, dass vor allem die finanzstarken Agrarunternehmen von der Digitalisierung profitieren würden; dass der Trend zu grösseren und einheitlicheren Landwirtschaftsbetrieben weltweit zunehmen und die Schere zwischen den Möglichkeiten der Landwirtschaft in der industrialisierten Welt und in Entwicklungsländern sich noch weiter öffnen würde. Eine Beschleunigung dieser Entwicklung wirft daher viele Fragen auf – unter anderem auch die nach dem Rückhalt für die Landwirtschaft in der Bevölkerung, nach ihrer Nachhaltigkeit und danach, welche Tätigkeiten und Entscheidungsfreiräume für den Landwirt noch bleiben. Die Digitalisierung der Landwirtschaft sollte daher von vorneherein so ausgerichtet sein, dass das Interesse der Bevölkerung, der Landwirte und weiterer Stakeholder in Betracht gezogen werden, um nachhaltige Entwicklungen anzustossen (Walter et al. 2017).

Schlussfolgerungen

Meines Erachtens ergeben sich für uns als Forschende heute zwei dringende Herausforderungen: Es liegt an uns, ein auf Langfristigkeit ausgelegtes Weiterentwickeln der Möglichkeiten durch die Forschung zu realisieren. Wir sind jedoch auch aufgefordert, unsere gesellschaftliche Verantwortung wahrzunehmen und die Diskussion eines Leitbildes für unsere Landwirtschaft anzustossen oder zumindest daran mitzuwirken. Im Idealfall wird Landwirtschaft dann während der kommenden Jahrzehnte so betrieben und weiterentwickelt werden können, dass sie von weiten Teilen der Gesellschaft als Kulturgut und positiver Wert verstanden wird und nicht als lästiges Übel. Die Rolle des Menschen in der Landwirtschaft wird sich in den kommenden Jahrzehnten ändern. Routinetätigkeiten werden von zunehmend 'intelligenteren' Maschinen übernommen werden können. Den Menschen aus dem Produktionsprozess vollständig auszuschliessen, wird jedoch meines Erachtens auf absehbare Zeit weder praktikabel noch wünschenswert sein.

Literatur

- Brewster C & Willemer A (2018) Strategic Research and Innovation Agenda. http://ict-agri.eu/sites/ict-agri.eu/files/deliverables/Strategic_Research_and_Innovation_Agenda_v2_20180323.pdf
- Deery D, Jimenez-Berni J, Jones H, Sirault X & Furbank R (2014) Proximal Remote Sensing Buggies and Potential Applications for Field-Based Phenotyping. *Agronomy* 4, 349–379.
- Grieder C, Hund A & Walter A (2015) Image based phenotyping during winter: a powerful tool to assess wheat genetic variation in growth response to temperature. *Functional Plant Biology* 42, 387–396.
- Guo W, Rage UK & Ninomiya S (2013) Illumination invariant segmentation of vegetation for time series wheat images based on decision tree model. *Computers and Electronics in Agriculture* 96, 58–66.
- King A (2017) The future of agriculture. *Nature* 544, 21–23.
- Kirchgeßner N, Liebisch F, Yu K, Pfeifer J, Friedli M, Hund A & Walter A (2017) The ETH Field Phenotyping Platform FIP - A Cable-Suspended Multi-Sensor System. *Functional Plant Biology* 44, 154–168.
- Kronenberg L, Yu K, Walter A, Hund A. 2017. Monitoring the dynamics of wheat stem elongation: genotypes differ at critical stages. *Euphytica* 213, 157.
- Lottes P, Khanna R, Pfeifer J, Siegwart R & Stachniss C (2017) UAV-Based Crop and Weed Classification for Smart Farming. In *Proceedings of the International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*.
- Mahlein AK, Kuska MT, Behmann J, Polder G & Walter A (2018) Hyperspectral sensors and imaging technologies in phytopathology – state of the art. *Annual Review of Phytopathology*. In press.
- Mulla DJ (2013) Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems Engineering* 114, 358–371.
- Umstätter C (2011) The evolution of virtual fences: A review. *Computers and Electronics in Agriculture* 75, 10–22.
- Virlet N, Sabermanesh P, Sadeghi-Tehran P & Hawkesford MJ (2017) Field Scanalyzer: An automated robotic field phenotyping platform for detailed crop monitoring. *Functional Plant Biology* 44, 143–153.
- Wahabzada M, Mahlein AK, Bauckhage C, Steiner U, Oerke EC & Kersting K (2016) Plant phenotyping using probabilistic topic models: Uncovering the hyperspectral language of plants. *Scientific Reports* 6, 22482.
- Walter A, Finger R, Huber R & Buchmann N (2017) Opinion: Smart farming is key to developing sustainable agriculture. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 114: 6148–6150.
- Walter A, Liebisch F & Hund A (2015) Plant phenotyping: from bean weighing to image analysis. *Plant Methods* 11, 1–11.
- Walter A, Khanna R, Lottes P, Stachniss C, Siegwart R, Nieto J & Liebisch F (2018) A robotic approach for automation in crop management. In *Proceedings of the 14th International Conference on Precision Agriculture*.
- White JW, Andrade-Sanchez P, Gore MA, Bronson KF, Coffelt TA, Conley MM, Feldmann KA, French AN, Heun JT, Hunsaker DJ, Jenks MA, Kimball BA, Roth RL, Strand RJ, Thorp KR, Wall GW & Wang G (2012) Field-based phenomics for plant genetics research. *Field Crops Research* 133, 101–112.
- Wolfert S, Ge L, Verdouw C & Bogaardt M-J (2017) Big data in Smart Farming – a review. *Agricultural Systems* 153, 69–80.
- Yu K, Kirchgeßner N, Grieder C, Walter A & Hund A (2017) An image analysis pipeline for automated classification of imaging light conditions and for quantification of wheat canopy cover time series in field phenotyping. *Plant Methods* 13, 15.

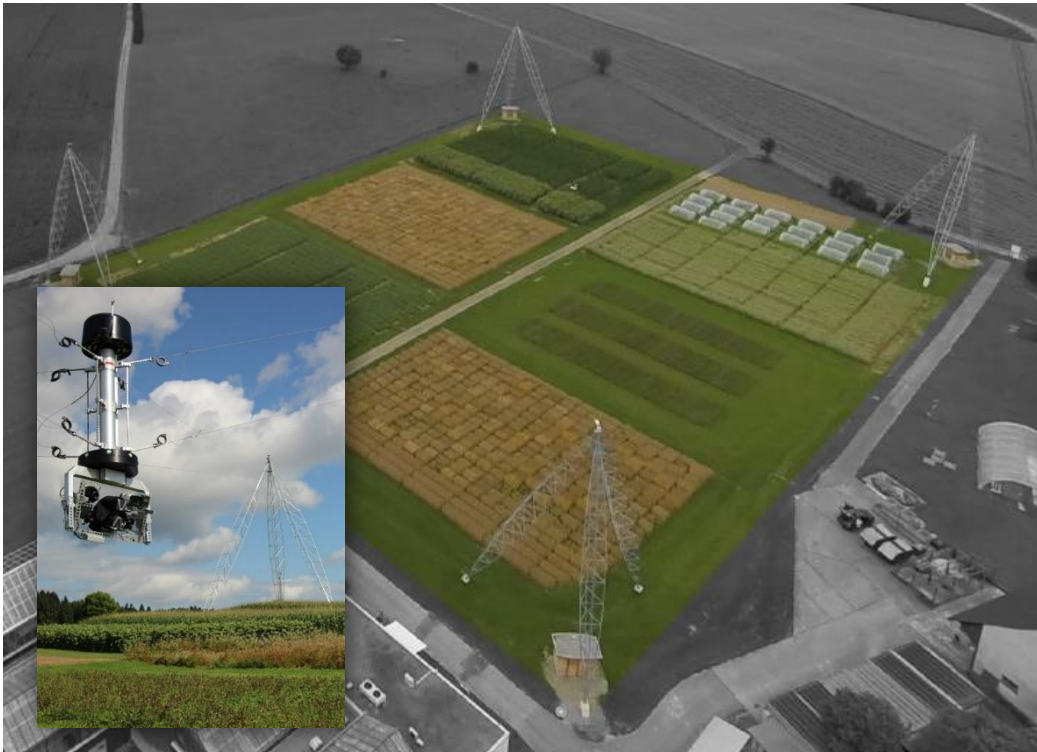


Abb. 1: Feld-Phänotypisierungs-Anlage FIP der ETH Zürich in Lindau-Eschikon. Auf einer Fläche von ca. 1 ha können Parameter von Kulturpflanzen mit Hilfe eines Sensorkopfs bildgebend vermessen werden. Der Sensorkopf ist an Kevlar-Seilen befestigt, deren Länge durch die Ansteuerung von Winden koordiniert manipuliert wird. Dadurch kann der Sensorkopf jeden Punkt über dem Feld erreichen. Die Höhe der vier Masten beträgt 24 m. Derzeit werden Weizen (zwei Schläge), Soja, Mais, Buchweizen und Rotklee auf dem Feld angebaut und nach Regeln guter landwirtschaftlicher Praxis in einer Fruchtfolge bewirtschaftet.

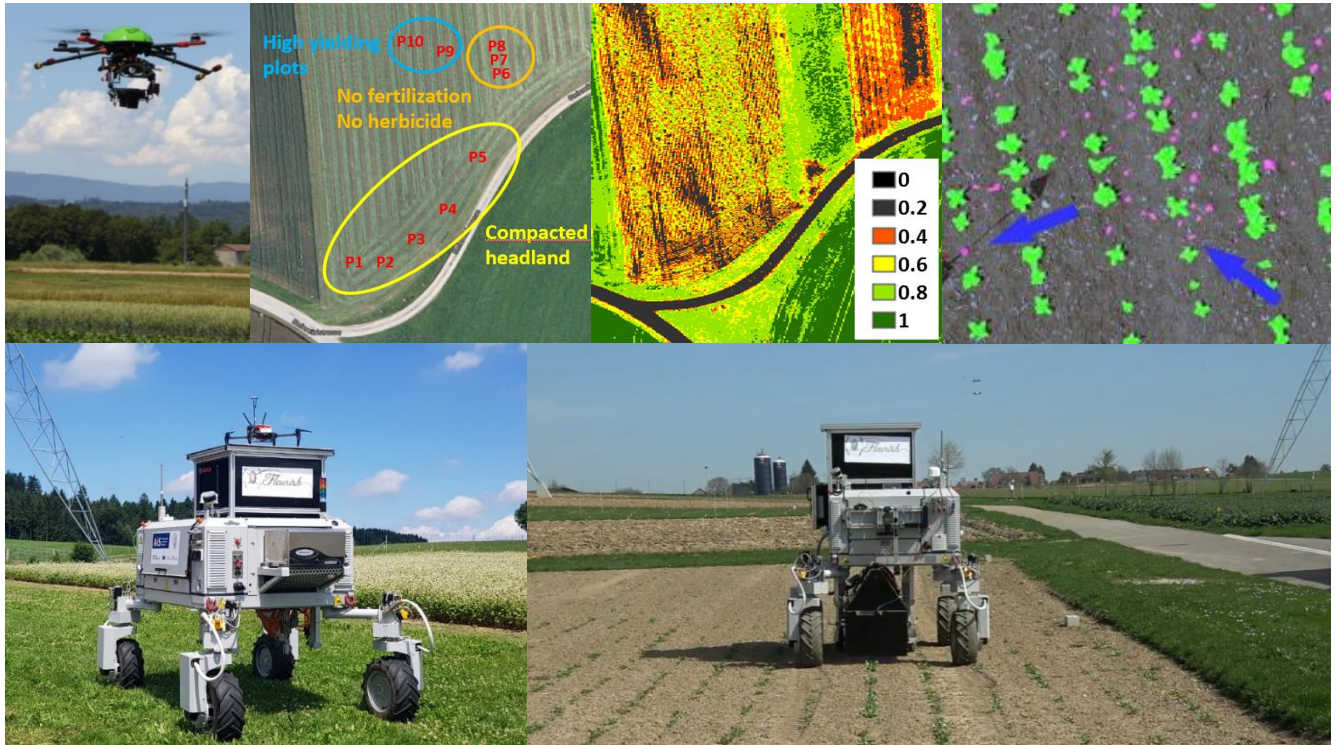


Abb. 2: Drohne (links oben) und Feldroboter (rechts und links unten), die im Rahmen des H2020-Projektes 'Flourish' autonom miteinander interagieren, um Unkrautbekämpfung sowie Bodenbearbeitung durchzuführen. Die im Original farbcodierte Karte (oben Mitte) zeigt Abstufungen des 'normalized difference vegetation index', die von 0 bis 1 reichen und zur Charakterisierung des Pflanzenbedeckungsgrades und des Düngungszustandes verwendet werden. Die im Original farbig maskierte Detailkarte (rechts oben) eines Zuckerrübenfeldes zeigt die automatische Trennung in Kulturpflanze und Unkraut, aufgrund derer der Feldroboter ortsspezifische Bekämpfungsmassnahmen durchführt.

A new route to N fertilizer recommendations in the Netherlands

D.W. Bussink¹, G.H. Ros¹ und N. Van Eekeren²

¹Nutrient Management Institute, ²Louis Bolk Institute, Bunnik. E-mail: Wim.Bussink@nmi-agro.nl

Introduction

For over two decades the Dutch N advisory system is based on soil N supply (SNS), which is derived from a statistical relationship between the annual N uptake of unfertilized plots and the total N content of the top 10 cm of a soil profile. The SNS is an indirect estimation of the real N mineralization in soil. The question arised if SNS is still accurate enough to meet future targets for efficient fertilization. A recent study (Ros & van Eekeren, 2016) showed that the annual recommended N fertilization rate can deviate more than 60 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ from the optimum (Anonymous, 2017). We investigated the background of this deviation and how SNS, apparent N recovery (ANR) and N fertilizer rate were related. Field trial data (1950-2015) showed that the ANR varied considerably between sites, years and soil types with small dependency on N fertilizer rate. Furthermore, ANR decreased with SNS with a strong soil type effect. That brought us to the question can we predict which fields have the highest ANR. If we are able to make such a prediction the farmer can use his restricted amount of N more efficiently, resulting in higher yields and more protein in the herbage. Therefore we analyzed all available grassland field trial data in the Netherlands using an innovative data driven approach (machine learning).

Materials and Methods

Available Dutch field trial data were collected, including soil and grass properties (sward age), groundwater table (Gt), weather (rainfall, radiation, temperature), and nutrient management (timing, dose and fertilizer type). This resulted in a huge database. A subset (5.278 records) with seasonal yields and fertilizer rates below 1000 kg N ha⁻¹ yr⁻¹ was selected to evaluate the factors controlling ANR. The subset contained data from 1941, 1942 and the period 1959 up to 2014. The main soil types included sand (40 %), clay (34 %), river clay (3 %) and peat (22 %). About 23 % of the data had N fertilizer levels above 400 kg ha⁻¹ yr⁻¹. There were 342 location-year combinations and 3,450 location by year by treatment combinations.

We studied the possibility to predict ANR of individual fields using random forest algorithms; an ensemble learning method for classification and regression. Random forest operates by constructing a multitude of decision trees at training time and outputting the class, that is the mode of the classes (classification) or mean prediction (regression) of the individual trees (Witten & Frank, 2005). The calibration was based on all trial data before 1998 (90 % of the data). The validation was done on all field experiments after 1998.

Results and discussion

Validation showed that the ANR can be predicted quite goody ($R^2 = 0.76$). Restricting the prediction model to the top 10 most relevant factors did not strongly reduce model performance ($R^2 = 0.74$). In depth analysis of the forest floor (analyzing the cross validated feature contribution of individual factors) confirmed the impact of Gt, dry matter yield (DMY), and precipitation on fertilizer date and the number of high rainfall events. ANR increased almost linearly with DMY, whereas N rate showed

almost no effect within the range of common N fertilization doses. Low Gt resulted generally in lower ANR, with a maximum effect of almost 10 %. At low N fertilization doses ($< 100 \text{ kg ha}^{-1}$) the ANR was slightly (max 5 %) higher. Gt and DMY had the strongest effect. For practical implementation in fertilizer recommendation systems, we distinguish 5 possible soil classes with different N fertilizer recoveries (Table 1). Validating the trained RF model on the field experiments from the last decades (after 1998) allowed us to predict the ANR class correctly for 67% of the included field experiments. In approximately 30% of the cases the ANR was over or underestimated by 20%. This approach is thus very promising and can in principle be used as a selection criteria to distribute N fertilizer over fields.

Table 1. Predicted versus actual ANR for the field trial data 1998-2014 (10 % of the subset).

Predicted ANR	Actual ANR				
	<0.2	0.2-0.4	0.4-0.6	0.6-0.8	>0.8
>0.8	0	0	0	7.2	7.8
0.6-0.8	0	0	4.2	23.4	0.6
0.4-0.6	0	1.2	31.7	7.2	0.6
0.2-0.4	0	3.6	6.6	0	0
<0.2	0.6	4.2	0	1.2	0

We tested this approach also on individual cuts. The results were improved and weather parameters became more dominant. This in principle gives opportunities for more weather related fertilizer management. Before implementing this concept further testing is needed, including evaluation in practice to check if this approach is workable for farmers. In addition, the question arises if ANR and SNS can be used at the same time, where SNS indicates an optimum of N fertilizer above the natural soil delivery and ANR predicts where N is most effective.

In conclusion prediction of the ANR for classification of individual fields has potential. Based on random forest analysis of a large historical database of field trials results, including soil and weather data, we were able to predict the ANR for 67 % of the annual field trials correctly. In principle, it is now possible to allocate N fertilizer to fields with the highest ANR.

Literature

- Anonymous (2017). Adviesbasis bemesting grasland en voedergewassen/ Recommendation grassland and forage crops. <https://www.verantwoordeveehouderij.nl/nl/bemestingsadvies.htm>.
- Ros G.H. & Van Eekeren N. (2016). Evaluatie SNS voor CBGV. Is een update nodig? CBGV rapport, 31 pp <http://edepot.wur.nl/413750>
- Witten I.H. & Frank E. (2005). Data mining. Practical machine learning tools and techniques. Elsevier Amsterdam, pp 525.

Einfluss der N-Düngung zu Winterraps auf Mineralisations- und Immobilisationsprozesse nach der Ernte

Maren Rose, Ingo Pahlmann und Henning Kage

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

Einleitung

Raps zeigt über einen weiten Zeitraum der Vegetationsperiode eine hohe N-Aufnahme, ab der Blüte nimmt diese allerdings ab. In Kombination mit der fortlaufenden Mineralisation am Standort, einem frühen Verlust von Blättern mit engem C:N-Verhältnis (Malagoli et al. 2005) und einer vergleichsweise frühen Ernte führt dies zu erhöhten $N_{\min}$ -Gehalten zur Ernte. Steigen sie bis zum Beginn der N-Auswaschungsperiode weiter, besteht ein erhöhtes N-Auswaschungsrisiko über Winter (Kage & Sieling 2010). Im Nacherntezeitraum kommt den Ernteresiduen, deren C:N-Verhältnis bei einer üblichen Düngung von $200 \text{ kg N} \cdot \text{ha}^{-1}$ bei ca. 50-60 liegt (Sieling & Kage 2010), eine wichtige Rolle zu: Mehrere Studien konnten zeigen, dass die Einarbeitung von Ernterückständen zu einer N-Immobilisation führt, die zur Minimierung der N-Auswaschungsverluste beitragen kann. Je geringer das C:N-Verhältnis der Ernteresiduen jedoch ist, desto geringer ist auch die durch sie hervorgerufene N-Immobilisation (Jensen et al. 1997, Justes et al. 1999, Trinsoutrot et al. 2000). Die Kombination aus Quantität und Qualität (C:N-Verhältnis) der Ernteresiduen in Wechselwirkung mit Standort und Witterung determiniert hierbei die zeitliche Dynamik des mineralischen Stickstoffs im Boden und damit das Verlustrisiko. Um Handlungsempfehlungen für ein optimiertes N-Management in der Praxis ableiten zu können, wird in mehreren Fruchtfolgesystemversuchen im Rahmen des EIP-Projektes „N-Effizienzsteigerung im Ackerbau“ untersucht, welchen Einfluss die N-Düngung auf Mineralisations- und Immobilisationsprozesse nach der Rapsernte hat.

Material und Methoden

Im Jahr 2015 wurde in den drei Naturräumen Schleswig-Holsteins (Östliches Hügelland, Geest, Marsch) Fruchtfolgesystemversuche als Spaltanlagen mit vier Feldwiederholungen und variierter N-Düngung angelegt. In den Versuchen wurden 2016 und 2017 zur Rapsernte die C:N-Verhältnisse sowie die Trockenmasse der Ernteresiduen bestimmt. Um die Dynamik des pflanzenverfügbaren Stickstoffs im Boden abbilden zu können, wurden ab der Ernte bis zum Vegetationsbeginn im Folgejahr in regelmäßigen Abständen Bodenproben (Tiefe: 0-90 cm) in unterschiedlichen Düngestufen entnommen. Zudem wurde zu Vegetationsende die N-Aufnahme der Folgefrucht in Abhängigkeit von der Düngung der Vorfrucht destruktiv ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Geest zeigte sich 2016 nach ungedüngtem Raps ein Anstieg der $N_{\min}$ -Gehalte bis Mitte Oktober, wohingegen die Werte im selben Zeitraum nach gedüngtem Raps stagnierten bzw. abnahmen (Abb. 1). Dies deutet auf eine N-Immobilisation durch Ernteresiduen hin.

Ziel der gegenwärtig andauernden Untersuchung ist die modellgestützte Beschreibung der Mineralisations- und Immobilisationsprozesse in Abhängigkeit von

der N-Düngung in Quantität und Qualität beeinflussten Ernteresiduen. In der Kombination mit Standorteigenschaften und Jahreswitterung sollen so N-Auswaschungsrisiken in Szenarien abgeschätzt werden.

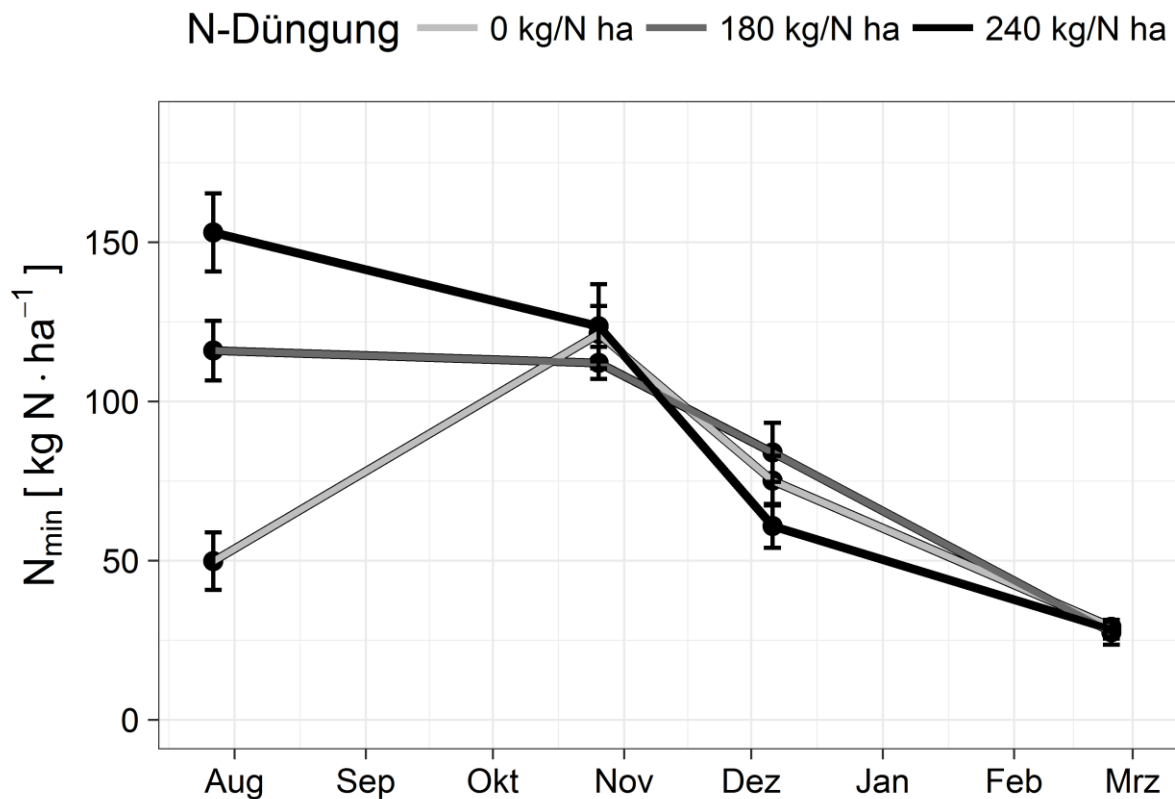


Abb. 1: $N_{\min}$ -Dynamiken (0-90 cm) nach der Rapsernte 2016 bis zum Vegetationsbeginn 2017 in Abhängigkeit der Düngung am Standort Geest.

Literatur

- Jensen, L. S., Christensen, L., Mueller, T., Nielsen, N. E. (1997). Turnover of residual 15 N-labelled fertilizer N in soil following harvest of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Plant and Soil*, 190(2), 193-202.
- Justes, E., Mary, B., Nicolardot, B. (1999). Comparing the effectiveness of radish cover crop, oilseed rape volunteers and oilseed rape residues incorporation for reducing nitrate leaching. *Nutrient cycling in Agroecosystems*, 55(3), 207-220.
- Malagoli, P., Laine, P., Rossato, L., Ourry, A. (2005). Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus*) from stem extension to harvest: I. Global N flows between vegetative and reproductive tissues in relation to leaf fall and their residual N. *Annals of botany*, 95(5), 853-861.
- Sieling, K., Kage, H. (2010). Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30(2), 271-279.
- Trinsoutrot, I., Nicolardot, B., Justes, E., Recous, S. (2000). Decomposition in the field of residues of oilseed rape grown at two levels of nitrogen fertilisation. Effects on the dynamics of soil mineral nitrogen between successive crops. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 56(2), 125-137.

Asche als alternativer Dünger? Agronomische Effektivität von Biomasseaschen als Phosphordünger

Philipp Koal¹, Theresa Zicker¹, Roland Bischof², Jan Schlegel², Ralf Uptmoor¹ und Bettina Eichler-Löbermann¹

¹Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock; ²Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft, Jena. E-Mail: philipp.koal@uni-rostock.de

Einleitung

Dem nachhaltigen Management von Phosphor (P) kommt für eine zukunftsfähige Landwirtschaft eine Schlüsselrolle zu. Biomasse-Aschen (BMA), die bei der Monoverbrennung von naturbelassenen, pflanzlichen Ausgangsmaterialien entstehen, könnten zu einer effizienten P-Nutzung beitragen. Vor diesem Hintergrund hat das Forschungsprojekt „Biomasse-Asche-Monitoring“ (BAM) zum Ziel, gesetzeskonforme Verwertungspfade zur Verwendung von Aschen zur P-Düngung in der Landwirtschaft zu etablieren. So dienen die an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät der Universität Rostock vorgesehenen Untersuchungen dazu, verschiedene BMA in Feld- und Gefäßversuchen für verschiedene Fruchtarten agronomisch zu bewerten. Die aufbereiteten Aschen (Rohaschen, Granulate) wurden u.a. von der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft verarbeitet und bereitgestellt.

Material und Methoden

Auf einem bereits seit 1998 existierenden Langzeit-Feldversuch zu P-Düngungsstrategien (min. Düngung mit Tripelsuperphosphat (TSP), org. Düngung mit Rinderdung und Kompost sowie eine Kontrolle ohne P-Zufuhr; randomisierte Streif-Spalt-Anlage) wurde seit 2006 eine Aschedüngung in Kombination mit bis zu vier verschiedenen Fruchtarten in vier Wiederholungen angelegt. Die min. Düngung erfolgte jährlich (TSP: 21,8 kg P/ha/a), die org. Düngung wurde in praxisüblichen Mengen (30 t/ha) alle drei Jahre appliziert. Im Untersuchungszeitraum 2006-2017 wurde Biomasse-Asche in Höhe von ca. 20 kg P/ha/a jeweils in den Jahren 2006, 2009, 2013, 2014 und 2017 ausgebracht.

Der zehnwöchige Gefäßversuch wurde als randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen im Gewächshaus angelegt. Verwendet wurden Mitscherlich-Gefäße, die mit jeweils 6 kg P-armen lufttrockenem Boden befüllt wurden. Als Versuchspflanzen wurden aufgrund ihres unterschiedlichen P-Bedarfs, Lupine, Mais und Amarant gewählt. Neben TSP und einer Kontrolle ohne P-Düngung wurden verschiedene Rohaschen aus Stroh und daraus hergestellte Granulate verwendet, die in die oberen 5 cm des Bodens eingearbeitet wurden. In beiden Versuchen wurden Pflanzen- und umfangreiche Bodenanalysen durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Feldversuch bewirkten die Ascheapplikationen eine signifikante Ertragssteigerung (max. 8 %) im Vergleich zur Kontrollvariante (Variante ohne org. und min. Düngung) (Tab. 1). In Kombination mit organischem Dünger wurde im Vergleich zur Einzelausbringung des organischen Düngers nur in Einzelfällen eine weitere Steigerung erzielt. Im Vergleich zur jeweiligen TSP-Variante zeigen die BMA-Varianten über die Jahre hinweg und bei den Fruchtarten eine vergleichbare Wirkung wie TSP, wobei tendenziell etwas höhere Erträge nach TSP-Applikation erzielt

wurden. Hervorzuheben ist, dass die positive Aschewirkung nicht nur im Anwendungsjahr, sondern auch als Nachwirkung in den folgenden Versuchsjahren nachweisbar blieb.

In den vorläufigen Ergebnissen des Gefäßversuchs (Abb. 1) zeigten die Biomasse-Aschen eine positive Düngewirkung auf das Pflanzenwachstum im Vergleich zur Kontrolle auf, jedoch eine geringere Wirkung als die TSP-Variante, die wiederum von granulierter Asche übertroffen wird. Abgesehen vom praktischen Vorteil der besseren Ausbringungsmöglichkeit von granulierter Asche im Gegensatz zu Rohasche, sehen wir in dieser Variante das größte Potenzial zur Umsetzbarkeit der Aschedüngung.

Tab. 1: Prozentualer Mehrertrag [%] der Düngevarianten zur Kontrollvariante (hier zusätzlich durchschnittlicher Ertrag [kg ha⁻¹] in Klammern) des Langzeit-Feldversuchs (2008-2017); nach Fruchtarten (n = Anzahl Jahre)

Org	Min	Mais (n=6)	Sorghum (n=2)	Winter- weizen (n=1)	Sonnen- blume (n=1)	Gesamt (n=10)
ohne	ohne	0(22,4) a	0(16,8) a	0(41,3) a	0(26,0) a	0(23,5) a
	TSP	8,88 b	6,31 b	1,37 a	6,61 b	7,39 b
	BMA	7,56 b	6,76 b	0,84 a	5,94 b	6,57 b
Rinderdung	ohne	12,54 c	11,26 c	6,54 b	9,63 c	11,39 c
	TSP	12,63 c	11,26 c	5,38 bc	8,73 c	11,24 c
	BMA	12,58 c	10,81 c	3,06 c	5,04 b	10,52 c
Kompost	ohne	21,16 d	18,92 d	6,54 b	5,04 b	17,64 d
	TSP	23,92 e	20,72 e	6,55 b	7,05 bc	19,86 e
	BMA	24,93 e	20,72 e	6,55 b	6,49 b	20,41 e

Org = Organisch, Min = Mineralisch, Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten nach Fruchtart (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

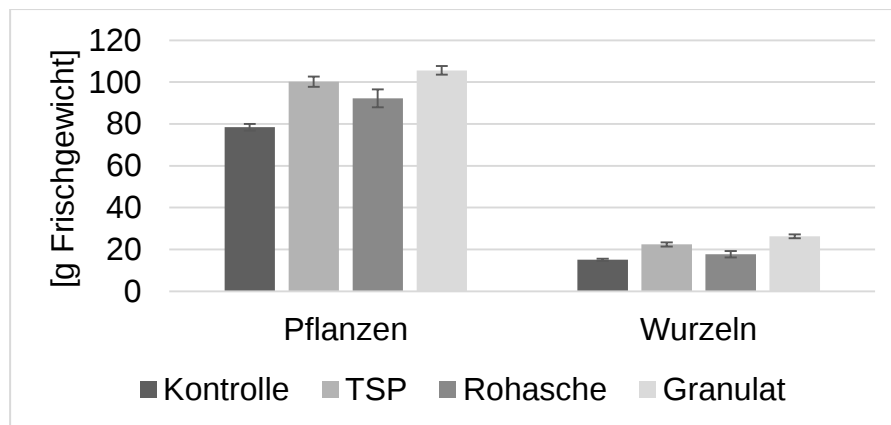


Abb. 1: Abgeerntete Mais-Pflanzen/-wurzeln [g Frischgewicht] des Gefäßversuchs ausgewählter Varianten mit je vier Wiederholungen

Literatur

- Cruz-Paredes, C., et al. (2017): Risk assessment of replacing conventional P fertilizers with biomass ash: Residual effects on plant yield, nutrition, cadmium accumulation and mycorrhizal status. *Science of the Total Environment* 575: 1168-1176
- Zicker, T., Kavka M., Eichler-Löbermann, B. (2018): Soil test phosphorus as affected by phosphorus budgets in two long-term field experiments in Germany. *Field Crops Research* 218: 158-170

Impacts of biochar and irrigation on soybean-rhizobium symbiotic performance and soil enzymatic activity in a field experiment

Hua Ma^{1, 2}, Dilduza Egamberdieva¹, Stephan Wirth¹ and
Sonoko D. Bellingrath-Kimura^{1, 2}

¹Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF), Müncheberg, Germany

²Faculty of Life Sciences, Humboldt-University of Berlin, Berlin, Germany

Einleitung

Soybean (*Glycine max* L.) provided nitrogen (N) derived from biological nitrogen fixation (BNF) as a sustainable nitrogen resource in agroecosystem. The amount of N fixed by soybean-rhizobium symbiosis can be up to 450 kg ha⁻¹ (Salvagiotti et al., 2008). However, Grain legumes are sensitive to drought stress, especially symbiotic performance of plants with rhizobia hindered by drought resulting decreased nodulation and N fixation (Bouhmouch et al., 2005; Farooq et al., 2017). Biochar has been used widely as a soil addition to improve soil fertility, through improved water holding capacity (Yu et al., 2013; Oram et al., 2014), soil cation exchange capacity (CEC) (Jien & Wang, 2013), nutrient retention ability in soils which deficient in organic matter (Chan et al., 2007), soil microbial and enzyme activities (Kolton et al., 2011; Egamberdieva et al. 2017;).

Therefore, this study aimed to: a) determine the effect of biochar and irrigation on symbiotic performance of *Bradyrhizobium* with soybean; b) analyze the influence of biochar on plant growth and nutrient uptake under irrigated and rainfed condition; and c) investigate the response of soil enzymes to biochar amendment and irrigation. We hypothesized that soybean nodulation and plant biomass could be enhanced by biochar addition and biochar may improve soil enzyme activities and soil available nutrients.

Material und Methoden

The soybean field trial was conducted on a sandy soil. The average temperature in Müncheberg was 19.0°C during the crop season from May 12 - September 15, the precipitation was 450.9 mm. The field was designed along a 90 m's transect with a width of 24.9 m, the transect divided into two straps each 9.9 m wide was created. One strap was irrigated and the other was not. 8 replications evenly distributed was set with a 7 m's width in the transect. Each replication included four randomly arranged treatments, i.e., (a) 10 t ha⁻¹ biochar application with irrigation, (b) 10 t ha⁻¹ biochar application without irrigation, (c) no biochar application with irrigation, and (d) no biochar application without irrigation. All received 100 kg ha⁻¹ (46 kg P₂O₅ ha⁻¹) of Triple-Superphosphate fertilizer. Irrigation water was supplied through metal pipe for four days (11 July, 19 July, 22 July, and 25 July), 75mm in total.

After plant and soil sampling, the plant biomass, plant nutrients concentration, nodule number, nodule leghemoglobin (Lb) content, soil enzyme activities, and soil available nutrients were examined.

Ergebnisse und Diskussion

Our result manifests biochar application caused a significant increase in nodule number by 35% in irrigated condition (Figure 1). Shoot biomass and soil fluorescein diacetate (FDA) hydrolytic activity was significantly increased by irrigation in comparison to rainfed field.

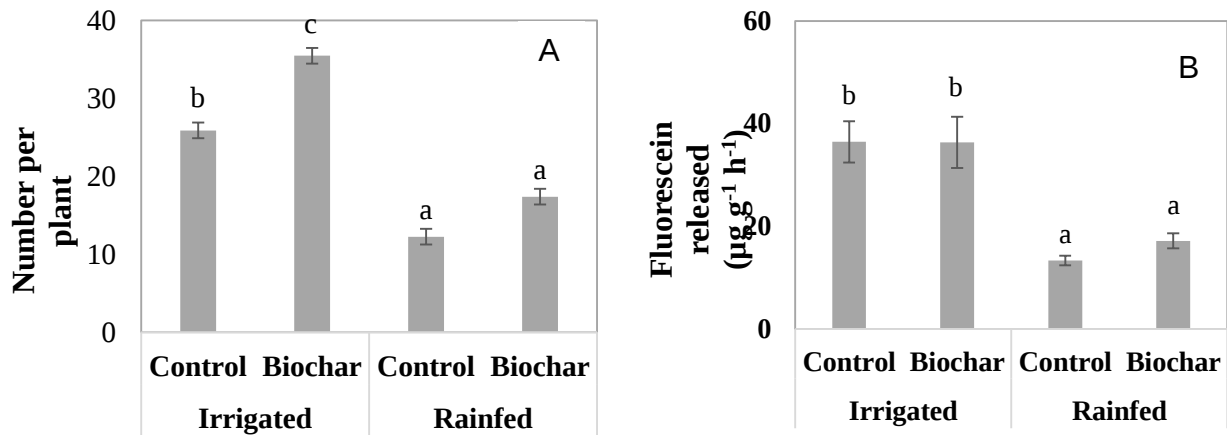


Figure 1. Effect of biochar on nodule number (A) of each plant and FDA activity (B) in soil. Error bars (standard error) followed by a different letter within each column are significantly different at $P < 0.05$ using the Duncan-test, $n=8$

Activity of soil protease was reduced significantly by 8% with biochar addition in irrigated condition. Principal component analysis and linear correlation analysis performed on plant, nodule, and soil parameters suggested biochar application may affect soybean N uptake in sandy field. The results interpreted the mechanism of biochar impact on soil enzymes, BNF and crop interaction, and further elucidated the potential of biochar on decreasing the demand for chemical N fertilizers and enhancing ecosystem service in sandy soil.

Literatur

- Bouhmouch, I., Souad-Mouhsine, B., Brhada, F., & Aurag, J. (2005). Influence of host cultivars and Rhizobium species on the growth and symbiotic performance of *Phaseolus vulgaris* under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, 162(10), 1103–1113.
- Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Weiss, A. and Dobermann, A. (2008). Nitrogen uptake, fixation and response to N fertilizer in soybeans. *Field Crop Research*, 65, 137–149.
- Yu, O. Y., Raichle, B., & Sink, S. (2013). Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. *International Journal of Energy and Environmental Engineering*, 4(1), 1–9.
- Jien, S. H., & Wang, C. S. (2013). Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena*, 110, 225–233. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2013.06.021>
- Chan, K. Y., Van Zwieten, L., Meszaros, I., Downie, A., & Joseph, S. (2007). Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*, 45(8), 629–634.

Carbon footprint of irrigated vs. rainfed wheat production in Iran

Maryam Tahmasebi¹, Nan Ha², Afshin Soltani³ and Til Feike⁴

¹Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran; ²Institute of Farm Management, University of Hohenheim, Stuttgart; ³Department of Agronomy, Faculty of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran; ⁴Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut (JKI) | Federal Research Centre for Cultivated Plants, Kleinmachnow. E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Introduction

Agricultural production significantly contributes to global greenhouse gas (GHG) emissions. At the same time, agricultural production suffers from global climate change, especially in arid and semi-arid regions of the world like Iran. Production of wheat, as the most important crop of Iran, has high relevance for national food security and climate change impact. In the northeastern Golestan Province irrigated and rainfed wheat production systems co-exist. This study aims to assess the two systems regarding productivity and greenhouse gas (GHG) emissions and to contribute to a more informed debate on the viability of irrigation in marginal crop production regions.

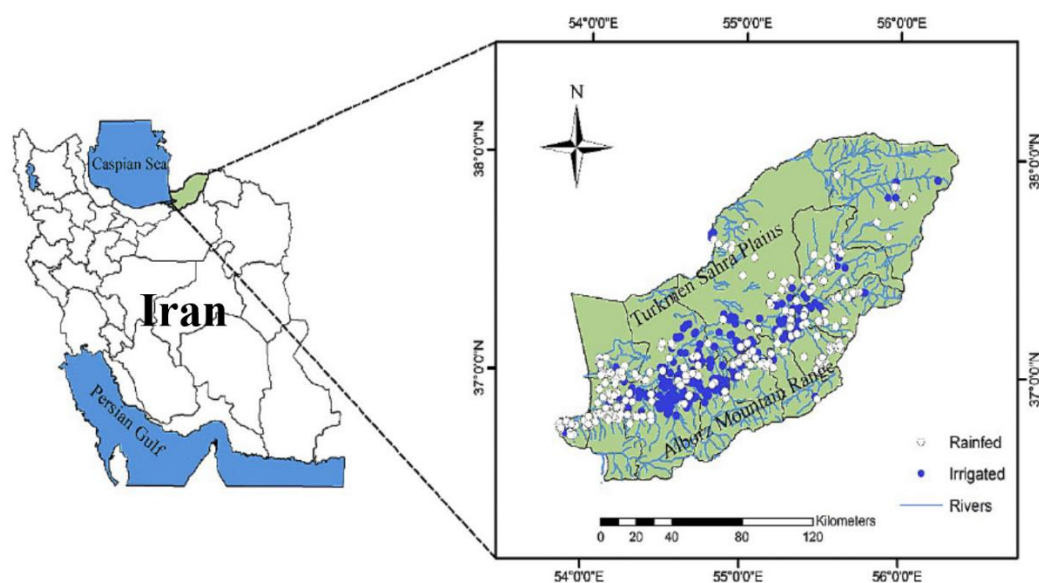


Fig. 1. Location of surveyed wheat farms in Golestan province, NE Iran

Material and Methods

Detailed production data were collected from 540 wheat producing farm households in Golestan province, which were selected by a stratified random sampling procedure. In each of the 36 extension centers of the province 15 wheat producing farm households were selected randomly as a representative sample of the local production situation. Farmers were enquired face-to-face on their specific working steps in wheat production and the related energetic and material inputs, including seed, plant protection products, fertilizer and irrigation water. A partial life cycle assessment (LCA) approach was applied to assess farmers' GHG emissions per unit land and their carbon footprint (CF) per produced unit of wheat grain following IPCC guidelines (IPCC, 2006) and ISO 14 040 standard (ISO, 2006). The analysis

considered all emissions on the field stage including material and diesel input as well as direct and indirect N₂O emissions. Emissions related to production of agricultural machinery as well as auxiliary materials were kept outside the system boundary.

Results and Discussion

The analysis reveals a huge heterogeneity among wheat producers with regard to yield, GHG emissions and CF. Comparing irrigated and rainfed production showed that irrigation in average leads to 22% higher yields (cf. Tab. 1). However, the climate change impact of irrigated production is disproportionally high leading to 110% higher GHG emissions and 62% higher CF. The major contributors to total GHG emissions of wheat production are energy for irrigation (only in irrigated production), N₂O emissions related to fertilization and residue handling, diesel for machinery, and emissions related to fertilizer production and transport. Increased GHG emissions and PCF in irrigated compared to rainfed production are not only attributed to the energy required for irrigation, but also to increased fertilizer and other production inputs. Splitting the farmers into high, medium and low yield groups indicates the potential for increasing yields through increased input intensity without negative effects on PCF.

Table 1. Average values and standard deviation of yield, GHG emissions, and carbon footprint of the 540 surveyed wheat farms in Golestan, grouped according to irrigated and rainfed production; different letters indicate significant differences at 5% level as determined by Mann-Whitney test

Production system	Yield [kg ha ⁻¹]	GHG emissions [kg CO ₂ -eq ha ⁻¹]	Carbon footprint [kg CO ₂ -eq ha ⁻¹]
Irrigated (N=259)	3848.5a±901.3	3367.8a±1467.6	0.89a±0.4
Rainfed (N=281)	3144.5b±1064.2	1600.2b±609.6	0.55b±0.3

A similar study on irrigated wheat production in China featured average farm yields of 6428 kg ha⁻¹, GHG emissions of 4107 kg CO₂-eq ha⁻¹ and CFs of 0.67 kg CO₂-eq kg⁻¹ (Ha et al., 2015). Compared to that irrigated wheat production in the present study generates lower GHG emission per ha, but achieves lower yields and features a worse CF per produced unit of wheat. The present study's results demonstrate the potential of better balancing the trade-offs between productivity and climate change impact of wheat production in marginal wheat production regions of Iran and other parts of the world.

References

- Ha, N., Feike, T., Angenendt, E., Xiao, H., Bahrs, E. (2015) Impact of farm management diversity on the environmental and economic performance of the wheat/maize cropping system in the North China Plain. *Int. J. Agric. Sustain.* 13, 350-366
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) In: Hayama, J.I. (Ed.), *IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Available at <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- ISO, International Organization for Standardization (2006). *Environmental Management – Life Cycle Assessment – Principles and Framework*. British Standards Institution, London, 14040

Auswirkungen eines mehrjährigen Energiepflanzenanbaus auf den Boden- und Wasserschutz

Dennis Grunwald¹, Kerstin Panten¹, Wolf-Anno Bischoff² und Siegfried Schittenhelm¹

¹Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig;

E-Mail: dennis.grunwald@julius-kuehn.de

²TerrAquat GmbH, Nürtingen

Einleitung

Das Risiko unerwünschter Nitratauswaschungen in das Grundwasser im Zuge des Maisanbaus könnte durch die Durchwachsene Silphie, eine der ertragsstärksten alternativen Energiepflanzen, aufgrund ihrer längeren Bodendeckung verringert werden. Weiterhin ist denkbar, dass durch eine intensivere Durchwurzelung des Bodens und die fehlende Bodenbearbeitung die Infiltrationskapazität erhöht und der Bodenabtrag durch Erosion mit einhergehenden Nährstoffverlusten vermindert werden kann. Schließlich könnte durch die Dauerkultur der Gehalt an organischer Bodensubstanz erhöht werden.

Material und Methoden

Zur Überprüfung der oben formulierten Hypothesen wird ein im Jahr 2012 angelegter Feldversuch mit den Energiepflanzen Mais, Durchwachsene Silphie und Feldgras genutzt. Die drei Kulturen sind mit je acht 240 m² großen Parzellen vertreten.

Zur Bestimmung der Lagerungsdichte und C-Vorräte wurden im März 2017 Stechzylinder (n = 6 je Parzelle und Tiefe) in mehreren Tiefenstufen bis 32 cm Tiefe entnommen. Darüber hinaus wurden im März und Oktober 2017 in jeweils drei Tiefenstufen bis 90 cm Tiefe Bodenproben zur N_{min}-Bestimmung gezogen. Ebenfalls im März 2017 wurde die Infiltrationskapazität des Bodens mittels Haubeninfiltrometern untersucht (n = 6 Messungen je Parzelle).

Seit Oktober 2016 werden außerdem kontinuierlich Abfluss und Erosion erfasst. Dafür wurden am Ende der Parzellen Wannen installiert, die ein Viertel des Abflusses der Parzellenfläche erfassen. Ebenfalls im Oktober 2016 wurden insgesamt 72 Passivsammler, sogenannte Selbst-integrierende Akkumulatoren (SIA), zur Messung der N-Auswaschung in 1,20 m Tiefe in die Parzellen eingebaut. Diese werden halbjährlich getauscht und auf Nitrat- und Ammonium-N analysiert. Die erhobenen Daten wurden varianzanalytisch mit den Faktoren Kultur und Wiederholung ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die C-Vorräte im Oberboden haben sich nach fünf Versuchsjahren in den Silphie- und Feldgrasparzellen im Vergleich zu Mais signifikant um etwa 10% erhöht (Tab. 1) und bestätigen die von Gauder et al. (2016) für andere perennierende Kulturen im Vergleich zu Mais gefundene Tendenz. Die N_{min}-Gehalte des Bodens waren sowohl im März als auch im Oktober 2017 in den Mais-Parzellen etwa doppelt so hoch wie in den Silphie- und Feldgrasparzellen, was vermutlich an der deutlich längeren Zeitspanne liegt, in der Silphie und Feldgras Stickstoff aufnehmen.

Die Infiltrationskapazität des Bodens war in der Silphie etwa dreimal so hoch wie im Mais und im Feldgras wiederum etwa dreimal so hoch wie in der Silphie. Als Ursache kann hier die deutlich stärkere Durchwurzelung bei Silphie und Feldgras gesehen

werden. Die Tendenz dieser Daten wurde bei erneuten Messungen der Infiltrationskapazität im April 2018 bestätigt (Daten nicht gezeigt).

Tab. 1: Gehalte an C_{org} in 0–32 cm und N_{min} in 0–90 cm Tiefe, die Infiltrationskapazität des Bodens und die N-Auswaschung unter 1,20 m Tiefe, mit WS = Wassersäule. Die dargestellten Daten sind Mittelwerte von acht Feldwiederholungen mit Standardabweichungen in Klammern. Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante ($\alpha < 0,05$) Unterschiede zwischen den Kulturen.

Kultur	C_{org} , 0-32 cm [t ha ⁻¹]	N_{min} , 0-90 cm [kg ha ⁻¹]	N_{min} , 0-90 cm [kg ha ⁻¹]	Infiltration [mm WS min ⁻¹]	N-Auswasch. [kg ha ⁻¹]
	März 2017	März 2017	Oktober 2017	März 2017	Sommerhj. 2017
Silphie	46,6 (2,2) ^A	10,2 (2,9) ^A	11,5 (2,9) ^A	1,9 (0,9) ^B	2,1 (1,2) ^A
Feldgras	46,0 (2,8) ^A	9,0 (1,5) ^A	8,7 (1,1) ^A	5,9 (1,8) ^A	8,1 (6,6) ^B
Mais	42,4 (1,6) ^B	18,5 (6,5) ^B	22,8 (3,6) ^B	0,6 (0,3) ^C	9,3 (7,2) ^B

Während es im Winter 2016/17 aufgrund trockener Bedingungen in allen Kulturen kaum zu einer N-Auswaschung kam ($< 2 \text{ kg N ha}^{-1}$), wurden im sehr feuchten Sommer 2017 deutliche Unterschiede zwischen den Kulturen gemessen. Feldgras und Mais wiesen dabei eine vier- bis fünffach höhere Auswaschung unter 1,20 m Bodentiefe auf als die Silphie (Tab. 1). Der hohe Wasserbedarf der Silphie (Schoo et al. 2016) könnte erklären, warum in den Silphieparzellen auch in einem sehr feuchten Jahr kaum N-Auswaschung festzustellen war.

Durch ein natürliches Starkregenereignis Mitte Mai 2017 kam es auf den Mais-Parzellen zu einer starken Verschlammung, in deren Folge es auf der fast ebenen Versuchsfläche zu starken Abflüssen und Erosion bei mehreren weiteren Starkregenereignissen im Jahresverlauf kam. In der Spitze wurden beim Mais 1400 L Abfluss eines einzigen Ereignisses gesammelt, während bei Silphie und Feldgras nur wenige Liter aufgefangen wurden. Zwischen Mai und Juli 2017 wurden so insgesamt 1,6 t Boden ha⁻¹ von den Maisparzellen erodiert, auf den Silphie- und Feldgrasparzellen kam es dagegen zu kaum bzw. keiner Erosion.

Die bisherigen Daten deuten auf Vorteile des Feldgrases und der Silphie gegenüber dem Mais bezüglich des Boden- und Wasserschutzes hin. Zusätzlich zu den genannten Untersuchungen werden derzeit noch die parallel zur N-Auswaschung erfolgten Messungen des Sickerwassers der einzelnen Kulturen analysiert.

Literatur

- Gauder, M.; Billen, N.; Zikeli, S.; Laub, M.; Graeff-Hönninger, S. & W. Claupein (2016): Soil carbon stocks in different bioenergy cropping systems including subsoil. *Soil & Tillage Research* 155, 308–317.
- Schoo, B.; Wittich, K.P.; Böttcher, U.; Kage, H. & S. Schittenhelm (2016): Drought Tolerance and Water-Use Efficiency of Biogas Crops: A Comparison of Cup Plant, Maize and Lucerne-Grass. *Journal of Agronomy and Crop Science* 203, 117–130.

Das Vorhaben wird mit Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e. V. (FNR) gefördert (FKZ: 22023914).

Ein wirksamer Pflanzenschutz im Ackerbau trägt dazu bei, die klimarelevanten Emissionen in der Landwirtschaft zu minimieren

Peter Juroszek¹, Benno Kleinhenz² und Paolo Racca²

¹PJAgroResearch, 55606 Bärweiler; ²Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), 55545 Bad Kreuznach. E-Mail: pjuroszek@yahoo.com

Einleitung

Ein wirksamer und effizienter Pflanzenschutz ist nicht nur für den Landwirt wirtschaftlich bedeutsam, sondern er ist auch eine geeignete Maßnahme, um die klimarelevanten Emissionen zu minimieren (Hughes et al. 2011), wobei in Deutschland im Ackerbau die Minimierung von N₂O-Emissionen besonders wichtig ist (Flessa et al. 2002). Durch einen gesunden und dadurch ertragsstarken Kulturpflanzenbestand wird der CO₂-Footprint (äquivalenter CO₂-Verbrauch pro Tonne Ertrag) des Anbaus reduziert. Zudem wird mehr CO₂ aus der Luft in der Biomasse von gesunden Pflanzen fixiert, weil deren Wachstum normalerweise besser ist als das von kranken Pflanzen (Kern et al. 2012). Idealerweise führt dies zur Stabilisierung des Dauerhumusgehalts und dadurch wird das CO₂ aus der Luft langfristig im Boden gespeichert.

Material und Methoden

Anfang 2018 wurde eine Literaturrecherche mit Hilfe von Google-Scholar zum Thema 'Pflanzenschutz und Minimierung klimarelevanter Emissionen' durchgeführt. Die wichtigsten Ergebnisse kommen aus Großbritannien zum Thema Fungizideinsatz.

Ergebnisse und Diskussion

N₂O-Emissionen stellen in Europa die größte Quelle klimarelevanter Gase im Ackerbau dar und zwar über die organische und mineralische Stickstoffdüngung und die damit verbundenen Stickstoff-Umsetzungsprozesse im Boden (Flessa et al. 2002). Der überwiegende Anteil der CO₂-äquivalenten klimarelevanten Emissionen stammt aus der mineralischen Stickstoffdüngung, sowohl im Weizen- als auch im Rapsanbau mit etwa 60% (Berry et al. 2008) bzw. 80% (Mahmuti et al. 2009). Dabei wird die Herstellung als auch die Applikation der mineralischen Stickstoffdünger berücksichtigt (Mahmuti et al. 2009). Der Anteil der CO₂-äquivalenten klimarelevanten Emissionen aus der Herstellung und Applikation von chemischen Pflanzenschutzmitteln ist dagegen vergleichsweise gering (Kern et al. 2012), obwohl er von der Anzahl der Applikationen abhängt (z.B. mehr Applikationen im Kartoffel- als im Weizenanbau).

Gesunde und damit produktive Kulturpflanzen wachsen in der Regel besser und können dadurch mehr Stickstoff aus dem Boden aufnehmen als kranke Pflanzen. Das kann zu einer geringeren Gefahr von überschüssigen Stickstoffmengen im Boden führen und somit zu einem geringeren Risiko von N₂O-Emissionen. Zudem fixieren gesunde Pflanzenbestände in der Regel mehr CO₂ aus der Luft in ihrer Biomasse (siehe oben). Beispielsweise berichtet Mitchell (2003), dass das Wurzelwachstum und die Gesamtbiomasse von Pflanzen signifikant erhöht waren, weil die Blätter durch Fungizideinsatz länger gesund erhalten wurden, was sich positiv auf die Photosynthese und Biomasseproduktion der Pflanzen auswirkte.

In der britischen Studie von Berry et al. (2008) war der Kornertrag von Winterweizen in den mit Fungiziden behandelten Parzellen im Durchschnitt um 1,78 t/ha höher als in den unbehandelten Parzellen, wodurch der Anteil klimarelevanter Emissionen von durchschnittlich 386 auf 327 kg CO₂/t Kornertrag reduziert wurde. Eine Reduzierung auf 313 kg CO₂/t Kornertrag wäre laut dieser Studie möglich gewesen, wenn der Weizen völlig gesund geblieben wäre, entweder mit Hilfe einer vollständigen Resistenz vor allem gegen das Pathogen *Zymoseptoria tritici* (verursacht Septoria-Blattflecken) oder mit Hilfe einer optimal wirksamen Fungizidbehandlung.

Im Winterrapsanbau in Großbritannien (Mahmuti et al. 2009) waren die CO₂-äquivalenten Einsparungen durch den Pflanzenschutz sogar noch höher als beim Winterweizenanbau. Mahmuti et al. (2009) kamen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, dass durch die Anwendung von Fungiziden im Durchschnitt 98 kg CO₂/t Kornertrag eingespart werden konnten, weil der Kornertrag von mit Fungiziden behandelten Parzellen um 0,49 t/ha höher war als der Kornertrag unbehandelter Parzellen. Mit Hilfe einer resistenten Sorte konnten immerhin noch 32 kg CO₂/t Kornertrag eingespart werden, weil der durchschnittliche Kornertrag resistenter Sorten um durchschnittlich 0,2 t/ha höher war als der von nicht resistenten Sorten, wobei vor allem das Pathogen *Leptosphaeria maculans* (verursacht Wurzelhals- und Stängelfäule) in dieser Studie ertragswirksam war.

Demnach haben in solchen Berechnungen die erzielten Kornerträge pro Hektar einen großen Einfluss auf die Reduzierung der klimarelevanten Emissionen pro Tonne Ertrag, die vor allem von der Stickstoffdüngermenge und den damit verbundenen potentiellen N₂O-Emissionen abhängig sind. Die Ergebnisse aus Großbritannien können als Richtlinie für die Einsparmöglichkeiten von klimarelevanten Emissionen pro Tonne Ertrag im Ackerbau in Deutschland dienen, weil zum Beispiel die Pathogene bzw. Krankheiten der Kulturpflanzen, die Ertragserwartungen sowie Anbaumethoden in beiden Ländern ähnlich sind. Fazit: die Ergebnisse von Mahmuti et al. (2009) belegen, dass die Kombination bestehend aus krankheitsresistenter Sorte und optimal durchgeführter Fungizideinsatz eine große Bedeutung hat, um mit Hilfe eines gesunden Pflanzenbestands die CO₂-äquivalenten klimarelevanten Emissionen pro Tonne Ertrag zu minimieren. Vorbeugend wirksame Pflanzenschutzmaßnahmen wie zum Beispiel gesundes Saatgut, optimaler Saattermin und gesunde Fruchtfolge wurden diesbezüglich noch nicht evaluiert, was jedoch in Zukunft geschehen sollte.

Literatur

- Berry PM, Kindred DR, Paveley ND (2008) Quantifying the effects of fungicides and disease resistance on greenhouse gas emissions associated with wheat production. *Plant Pathology* 57, 1000-1008.
- Flessa H, Ruser R, Dörsch P, Kamp T, Jimenez MA, Munch JC, Beese F (2002) Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 91, 175-189.
- Kern M, Noleppa S, Schwarz G (2012) Impacts of chemical crop protection applications on related CO₂ emissions and CO₂ assimilation of crops. *Pest Management Science* 68, 1458-1466.
- Hughes DJ, West JS, Atkins SD, Gladders P, Jeger MJ, Fitt BDL (2011) Effects of disease control by fungicides on greenhouse gas emissions by UK arable crop production. *Pest Management Science* 67, 1082-1092.
- Mahmuti M, West JS, Watts L, Gladders P, Fitt BDL (2009) Controlling crop disease contributes to both food security and climate change mitigation. *International Journal of Agricultural Sustainability* 7, 189-202.
- Mitchell CE (2003) Trophic control of grassland production and biomass by pathogens. *Ecology Letters* 6, 147-155.

Bewertung von Zwischenfrüchten unter norddeutschen Anbaubedingungen: Spezielle Aspekte des Grundwasser- und Klimaschutzes

M. Böldt, R. Loges, C. Kluß und F. Taube

Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenbau und –züchtung,
Grünland und Futterbau / Ökologischer Landbau, Kiel. E-Mail: mboeldt@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Die klimatischen Bedingungen Schleswig-Holsteins mit seinen späten Ernteterminen, milden Wintern und hohen Niederschlägen im Herbst stellen den hiesigen Ackerbau vor besondere Herausforderungen. Ungünstige Anbau- und Witterungsbedingungen können zu erhöhten umweltrelevanten Stickstoff-Verlusten in der Nachernteperiode führen (N-Auswaschungen und -Emissionen). Die Integration von Zwischenfrüchten in die Fruchtfolge ist eine Möglichkeit dieser Problematik zu begegnen (Kaye et al. 2017).

Material und Methoden

Der Versuch wurden in den Winterhalbjahren 2015/16 und 2016/17 auf einer seit 2013 ökologisch bewirtschafteten Fläche mit der Fruchtfolge „Kleegras – Sommerweizen – Wintertriticale – Erbse – Hafer – Dinkel + Kleegras-Untersaat“ durchgeführt. Der Standort befindet sich im Naturraum Vorgeest in Schleswig-Holstein (54.32 N, 9.80 O; Ø-Jahrestemperatur 8,8° C; Ø-Jahresniederschlagssumme 826 mm; Bodenart SI2; Bodentyp Braunerde). In beiden Versuchsjahren wurde nach den Vorfrüchten Erbse (ER) und Triticale (TR) eine randomisierte einfaktorielle Blockanlage mit sechs Zwischenfruchtansaaten angelegt (n=4). Die Varianten waren in Reinsaat Gelbsenf (GS, abfrierend), Winterrübse (WR, winterhart) und Deutsches Weidelgras (DW, winterhart, Untersaat in die Vorfrucht) und in Ergänzung mit jeweils einem legumen Gemeengepartner angelegt. Als Kontrollen dienten Parzellen in Schwarzbrache (SB) und Selbstbegrünung (SG). Der Untersuchungszeitraum erstreckt sich von der Zwischenfruchtaussaat bis zum Umbruch im Frühjahr des Folgejahres. Hierbei wurden die Parameter Lachgasemissionen (Hutchinson & Mosier 1981), Nitratauswaschung (Mohrlok 2009), Boden-N_{MIN} sowie die Stickstoff- und Kohlenstoffaufnahme in der ober- und unterirdischen (Steingrobe et al. 2000) pflanzlichen Biomasse vergleichend untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Mischungs- und Reinsaatvarianten auf die untersuchten Parameter konnte nicht festgestellt werden. Die Nitrat-Auswaschungsverluste waren bei der Kontrolle SB unabhängig von der Vorfrucht gegenüber allen anderen Varianten signifikant erhöht (Tab. 1). Die Zwischenfrüchte konnten die Nitratfracht insgesamt um 64 % verringern. Innerhalb der Zwischenfrüchte wies der abfrierende Gelbsenf (GS) die höchsten Nitratverluste auf. Die Lachgasverluste zeigten nach der Vorfrucht ER das höhere Emissionspotenzial (Tab. 1). GS wies nach beiden Vorfrüchten die höchsten Flussraten auf. Die maximale Stickstoffaufnahme (N_{MAX}) der Zwischenfrüchte lag unabhängig von der Vorfrucht immer über 100 kg N ha⁻¹ (Abb. 1). Nach der Vorfrucht Erbse waren die N-Aufnahmen in der pflanzlichen Biomasse insgesamt am höchsten. Bei den bestimmten N-Mengen in den Wurzeln wies GS gegenüber WR und DW signifikant geringere Werte auf. Hier zeigt DW die höchsten Werte.

Tab. 1: Stickstoffverluste (Nitrat NO_3 ; Lachgas N_2O) und Boden- N_{MIN} -Werte der Zwischenfrüchte nach den Vorfrüchten Erbse und Triticale im Mittel über die zwei Anbaujahre (kg N ha^{-1}). Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Vorfrucht. ($p = 0,05$)

Zwischenfrucht	$\text{NO}_3\text{-N Fracht}$		$\text{N}_2\text{O-N}_{\text{kum}}$		$\text{N}_{\text{MIN Nov (0-90 cm)}}$		$\text{N}_{\text{MIN Mrz (0-90 cm)}}$	
	Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht		Vorfrucht	
	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale	Erbse	Triticale
Dt. Weidelgras	37,5 ^b	15,2 ^{bc}	1,12 ^b	0,40 ^b	43,8 ^b	22,4 ^b	42,9 ^{ab}	38,4 ^{ab}
Winterrübe	34,5 ^b	8,3 ^c	1,50 ^{ab}	0,48 ^b	35,7 ^b	25,6 ^b	42,8 ^b	33,9 ^b
Gelbsenf	54,1 ^{ab}	29,6 ^b	1,82 ^a	1,02 ^a	32,7 ^b	21,2 ^b	54,0 ^a	38,9 ^a
Selbstbegrünung	42,1 ^b	11,2 ^c	1,59 ^{ab}	0,48 ^b	48,1 ^b	28,5 ^b	41,2 ^b	35,5 ^{ab}
Schwarzbrache	96,5 ^a	64,1 ^a	1,30 ^{ab}	0,57 ^b	92,8 ^a	58,3 ^a	34,4 ^b	28,3 ^{ab}

Bei Betrachtung der N-Verteilung zwischen den ober- und unterirdischen Kompartimenten war ein Vorfruchteffekt erkennbar. Nach dem abtragenden Getreide (TR) neigen die Zwischenfrüchte zu einer stärkeren Wurzelbildung (functional equilibrium). Ergänzend dazu sind die Boden- N_{MIN} -Werte nach TR gegenüber ER über alle Varianten insgesamt geringer (Tab. 1). Insgesamt konnten die Zwischenfrüchte gegenüber SB die N_{MIN} -Werte zum Herbst um 60 % signifikant senken und somit das N-Auswaschungspotenzial über Winter minimieren. Statistische Unterschiede innerhalb der Zwischenfrüchte konnten nicht festgestellt werden. Im März wiesen die Zwischenfruchtvarianten im Vergleich zum November überwiegend höhere N_{MIN} -Werte auf. GS stellte der Folgekultur tendenziell am meisten Boden-Stickstoff im Frühjahr zur Verfügung. Bezüglich der Kohlenstoffakkumulation konnte DW nach beiden Vorfrüchten mit über 2 t C ha^{-1} die höchsten Aufnahmen verzeichnen (Abb. 1). Die C-Bindung in den Wurzeln bei DW trägt hierzu maßgeblich bei.

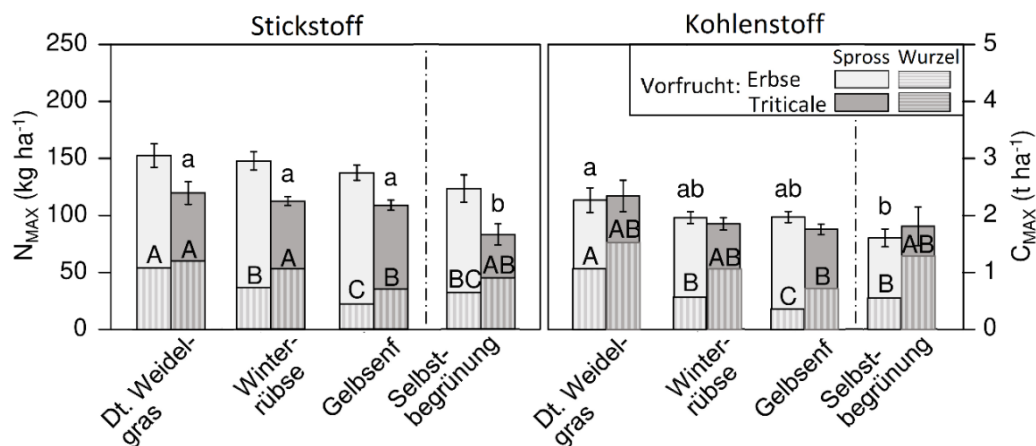


Abb. 1: Maximale N- und C-Aufnahme der Zwischenfrüchte nach den Vorfrüchten Erbse und Triticale im Mittel über die zwei Anbaujahre. Unterschiedliche Kleinbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Vorfrucht bezogen auf die Gesamtaufnahme. Unterschiedliche Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Vorfrucht bezogen auf die Wurzel. ($p = 0,05$)

Obwohl sich die Gesamtstickstoffaufnahmen der Zwischenfrüchte innerhalb der Vorfrüchte nicht signifikant unterscheiden, konnte ein Vorfruchteffekt festgestellt werden. Bei den systemaren Stickstoffverlusten zeigte sich, dass die nicht-winterharte Variante GS das höchste Verlustpotenzial aufweist (signifikant nach TR).

Literatur

Kaye, J. P., & Quemada, M. (2017). Using cover crops to mitigate and adapt to climate change. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37(1), 4.

Agrophotovoltaik – Auswirkung der Beschattung durch Solarmodule auf Bestandesentwicklung und Ertrag von Kulturpflanzen

Andrea Ehmann^{1,3}, Axel Weselek¹, Sabine Zikeli², Iris Lewandowski³,
Thomas Schmid⁴, Florian Reyer⁴ und Petra Högy¹

¹Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, Universität Hohenheim, Stuttgart; ²Zentrum Ökologischer Landbau, Universität Hohenheim, Stuttgart; ³Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart; ⁴Hofgemeinschaft Heggelbach GbR, Herdwangen.
E-Mail: a.ehmann@uni-hohenheim.de

Einleitung

Agrophotovoltaik (APV) ermöglicht die Produktion von Nahrungsmitteln und Strom auf derselben Fläche, indem die Solarmodule etwa sechs Meter über der landwirtschaftlichen Fläche aufgeständert werden. Dies erhöht die Landnutzungseffizienz und könnte zukünftig den Mix erneuerbarer Energien, die aus der Landwirtschaft bereitgestellt werden, erweitern. In der Nähe des Bodensees wurde daher im Herbst 2016 eine APV-Forschungsanlage mit knapp 200 kWp in Betrieb genommen, die umfassend wissenschaftlich begleitet wird.

Die Beschattung durch die Solarmodule reduziert die Sonneneinstrahlung auf der Fläche unterhalb der Anlage, wodurch sich Mikroklima und Wasserhaushalt verändern können. Ziel dieses Vorhabens ist es, diese Veränderungen zu erfassen und zu untersuchen, ob und wie ausgewählte Kulturpflanzen auf die lokal veränderten Umweltbedingungen reagieren.

Material und Methoden

Die APV-Forschungsanlage befindet sich auf einer Praxisfläche der Demeter-Hofgemeinschaft Heggelbach (Herdwangen, Landkreis Sigmaringen, etwa 10 km nördlich des Bodensees). Hier wird ein Feldversuch mit Winterweizen, Klee gras, Sellerie und Kartoffeln durchgeführt, sowohl unter der Anlage mit Solarmodulen („APV“) als auch auf einer Referenzfläche („REF“). In jeder Kultur wurden jeweils vier Untersuchungspartzen à 1 m² in der APV- und in der Referenzfläche angelegt. Im Abstand von ca. vier Wochen (Wintermonate) bzw. ca. zwei Wochen (Mai bis September; ab Blüte) wurde die Bestandesentwicklung anhand von Pflanzenhöhe, Entwicklungsstadium (BBCH-Skala), Chlorophyllgehalt (SPAD-502Plus, Konica Minolta, Mülheim) und Blattflächenindex (LAI-2200C Plant Canopy Analyzer, LI-COR Biosciences, Lincoln, USA) untersucht. Die wichtigsten Mikroklimaparameter wurden ebenfalls erfasst. Die Klee grasschnitte bzw. die Versuchsernten erfolgten manuell jeweils unmittelbar vor den praxisüblichen Ernteterminen.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Auswertungen deuten darauf hin, dass die photosynthetisch aktive Strahlung unter der APV-Anlage um etwa 30 % reduziert wurde, es aber hinsichtlich der Lufttemperatur keine Unterschiede zwischen APV- und Referenzfläche gab.

Im Versuchsjahr 2016/2017 wurde bei Weizen eine leicht verzögerte Bestandesentwicklung unter der APV-Anlage im Vergleich zur Referenzfläche beobachtet, welche jedoch nur an wenigen Tagen in jeweils unterschiedlichen Entwicklungsphasen sichtbar und bis zum Erntetermin wieder ausgeglichen war (Abb. 1). Unter der APV war der Weizenbestand höher und die Pflanzen blieben

länger grün. Der Weizen auf der Referenzfläche reifte etwas früher ab, was sich in den Chlorophyllgehalten sowie dem Blattflächenindex widerspiegelte und insbesondere am 11.07.2017 sichtbar war (Abb. 1).

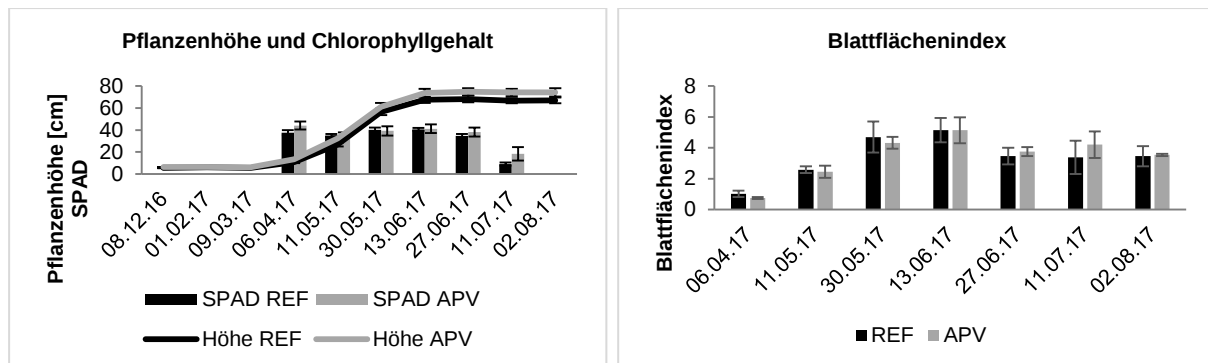


Abb. 1: Pflanzenhöhe, Chlorophyllgehalt sowie Blattflächenindex von Winterweizen im Vergleich von Referenz (REF)- und APV-Fläche an unterschiedlichen Messterminen. Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar (n=4).

Im ersten Versuchsjahr war der Ertrag von Winterweizen durch die Beschattung signifikant um 18,7 % reduziert ($p \leq 0,05$). Dies ist auf die etwas verzögerte Abreife sowie auf geringere Ähren- und Tausendkorngewichte unter der APV zurückzuführen (Daten nicht dargestellt).

Dagegen zeigte sich bei Klee gras keine signifikante Reduktion des Gesamtertrags (-5,3 %) unter APV (Abb. 2). Jedoch wurden beim 2. und 4. Schnitt Ertragsunterschiede festgestellt: während beim 2. Schnitt auf der Referenzfläche 24 dt TM ha⁻¹ geerntet wurden, waren es unter APV nur 19 dt TM ha⁻¹. Beim 4. Schnitt war der Aufwuchs unter der APV höher. Eine Erklärung könnte sein, dass der Grasanteil an der Bestandszusammensetzung beim 2. Schnitt in der REF-Variante und beim 4. Schnitt in der APV-Variante höher geschätzt wurde.

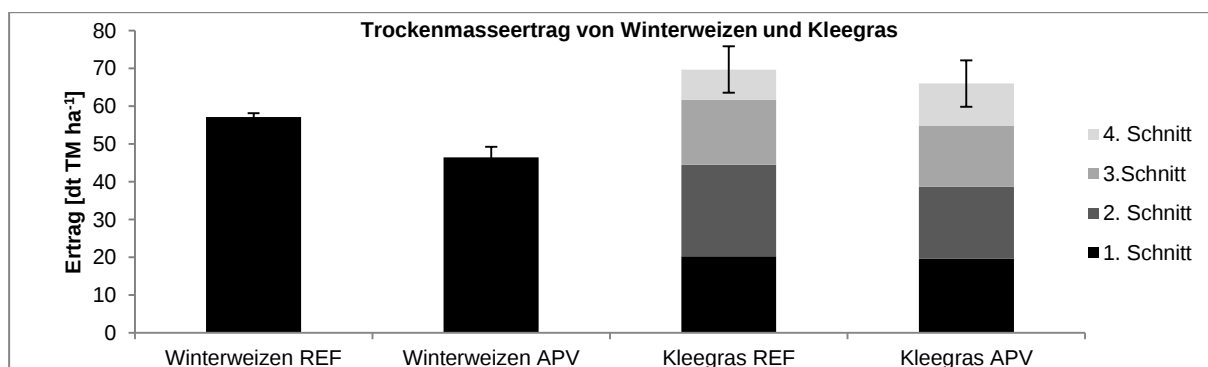


Abb. 2: Ertrag (Trockenmasse) von Winterweizen und Klee gras im Vergleich von Referenz (REF)- und APV-Fläche. Die Fehlerbalken stellen die Standardabweichung dar (n=4).

Danksagung: Der Versuch wurde im Rahmen des Projektes APV-RESOLA durchgeführt. Die Autoren danken dem Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) für die Förderung sowie allen beteiligten Projektpartnern für ihre Unterstützung.

Modelling dynamic photosynthetic acclimation based on nitrogen turnover under different photoperiods

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

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz University Hannover, Hannover.

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

Introduction

Acclimation of leaf traits to fluctuating environments is a key mechanism to maximize fitness. The degree of acclimation under a given environment is limited by the previous environmental conditions along with continuous age-dependent modifications in physiological traits. One of the most important strategies in photoacclimation is to maintain efficient utilization of nitrogen (N) in the photosynthetic apparatus by constant updates of protein content as a result of protein turnover. We propose a mechanistic model describing the dynamics of different leaf photosynthetic N pools, aiming at explaining photosynthetic acclimation under different photoperiods.

Materials and Methods

The dynamics of photosynthetic parameters, i.e. maximum carboxylation rate V_{cmax} , maximum electron transport rate J_{max} and chlorophyll concentration, is modelled by the evolution of N concentration N_x which is invested in the corresponding photosynthetic function X (Buckley *et al.*, 2013). N_V stands for Rubisco, N_J for N related to photosynthetic electron transport and N_C for chlorophyll N. The net change of N_x with time is the outcome of synthesis and degradation by a degradation coefficient $D_{r,X}$. The synthesis process is described as a function of thermal age and the maximum synthesis rate at the early stage of leaf development $S_{\text{max},X}$, with a coefficient $t_{d,X}$ which determines the decrease rate of synthesis with time. Maximum synthesis rate is assumed to be up-regulated by light to a maximum $S_{\text{mm},X}$ by a coefficient $k_{l,X}$, and $S_{\text{max},X}$ can be reduced due to decreasing N availability by a coefficient $k_{N,X}$.

To parameterize and evaluate the model, gas exchange measurements (for estimating V_{cmax} and J_{max}) and chlorophyll quantification were conducted on leaves at different ages (40–800 Cd). These leaves were kept well exposed to the light to avoid self-shading. For parameterization, cucumber (*Cucumis sativus* ‘Aramon’) plants were cultivated hydroponically in climate chambers under three constant light intensities (4.4, 14.2, 28.9 mol photons $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$, 12 h photoperiod) in combination with three N supply levels (2.5, 5, 10 mM NO_3^-).

Firstly, the general effect of daily light integral was evaluated with cucumber plants grown in the greenhouse under two natural light regimes (average 8.5 and 21.4 mol photons $\text{m}^{-2} \text{d}^{-1}$ for shaded and unshaded, respectively, ca. 14 h photoperiod) in combination with two N levels (2.5 and 10 mM NO_3^-). Secondly, parameterization and simulations was conducted with a time step of one hour and hourly light integral in order to capture the diurnal differences in protein turnover under different photoperiods. Model predictions were evaluated with the plants cultivated in growth chambers under three light photoperiods (6, 12, 20 h photoperiod) with the same daily light integral ($14.1 \pm 0.8 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) in combination with two N levels (2.5 and 10 mM NO_3^-).

Results and Discussion

In the model, we assume that photosynthetic protein turnover is under both genetic and environmental control. The genetic control is characterized by the potential maximum protein synthesis rate S_{mm} , the constant t_d describing the decrease of protein synthesis rate, and the protein degradation constant D_r . Coefficients t_d and D_r together influence the developmental (age) effect on protein turnover dynamics. The genotypic sensitivities to light and N availabilities are characterized by k_l and k_N , respectively. Collectively, S_{mm} , k_l and k_N determine the maximum protein synthesis rate S_{max} . It was found that the reducing effect of N availability only occurred under low concentration (< 3.5 mM) and higher light intensity, while light had a major control of S_{max} . S_{max} of N_V and N_J were well-coordinated in response to daily light integral and N availability, but the higher k_l and k_N of N_V suggested that N_V synthesis is more sensitive to the variation in light and N availability than N_J . This agrees with the observations of increasing ratio between V_{cmax} and J_{max} with light and/or N availability in other studies. The dynamics of photosynthetic acclimation of greenhouse cucumber under natural light fluctuation can be generally explained by the effects of daily light integral and N availabilities (prediction accuracy of 70%-91% for photosynthetic characteristics). However, there were overestimations in leaf photosynthetic N, N_V and Chl . It was shown experimentally that, compared with constant light, within-day light fluctuation resulted in slightly reduced photosynthetic parameters (Violet-Chabrand *et al.*, 2017). Recently, it was found that longer photoperiods can either up- or down-regulate various proteins relevant to photosynthetic process (Seaton *et al.*, 2018). Therefore, we plan to re-exam the model by incorporating the effect of instantaneous light intensity and photoperiod and expect to extend the model application to the conditions with within-day light fluctuations.

References

- Buckley T.N., Cescatti A. & Farquhar G.D. (2013) What does optimization theory actually predict about crown profiles of photosynthetic capacity when models incorporate greater realism? *Plant, Cell & Environment* 36, 1547-1563.
- Seaton D.D., Graf A., Baerenfaller K., Stitt M., Millar A.J. & Gruissem W. (2018) Photoperiodic control of the *Arabidopsis* proteome reveals a translational coincidence mechanism. *Molecular Systems Biology* 14, e7962.
- Violet-Chabrand S.R., Matthews J.S., Simkin A., Raines C.A. & Lawson T. (2017). Importance of fluctuations in light on plant photosynthetic acclimation. *Plant Physiology* 173, 2163-2179.

Grassland biomass modelling from remote sensing 3D point clouds

Jayan Wijesingha, Thomas Moeckel, Frank Hensgen and Michael Wachendorf

Grassland Science and Renewable Plant Resources, Witzenhausen.

E-Mail: jayan.wijesingha@uni-kassel.de

Introduction

Field level grassland biomass measurement is vital for farm management decisions. Quantification of field level grassland biomass is usually achieved by destructive sampling or field-based height measurements, which are of limited use for large field areas. Grassland canopy surface height (CSH) derived from 3D point clouds provides an opportunity for grassland biomass modelling over large areas in a time-efficient manner (Wachendorf et al., 2017). In this study, 3D point cloud data from a terrestrial laser scanner (TLS) and an unmanned aerial vehicle (UAV) were used to derive grassland CSH and to predict grassland biomass with empirical modelling.

Material und Methods

The study was conducted on two grasslands with different management practices in North Hesse, Germany. The grassland one (G1) is an intensively managed temperate grassland with *Lolium multiflorum* and *Trifolium repens* as the dominant species. The second grassland (G2) is a leniently managed permanent grassland and it can be classified as an Arrhenatheretum elatioris meadow. In each grassland a 25 m by 50 m rectangle plot (~1250 m²) was selected as the study plot. Remote sensing data and biomass data were collected in each study plot two days before mowing between May and October 2017. In total four data sets for G1, three data sets for G2 were collected.

A Leica ScanStation P30 (Leica Geosystem, Switzerland) TLS was used for collecting TLS data. Six scans were taken in each study plot to obtain equal density point clouds for the whole area and to avoid shadow effects within the grassland canopy. A DJI-Phantom III quadcopter with an inbuilt consumer grade camera (DJI, China) was used to obtain UAV-borne images. The camera (FC300S) captures 12-megapixel images in true colour (R: Red, G: Green, B: Blue). To ensure an image overlap of 80% for both sides and forward, the camera was set to trigger automatically considering the flying altitude of 25 m and flying speed of 3 ms⁻¹. The biomass was clipped at 5 cm above ground level, which is the common stubble height in practical mowing. The sample was weighted in the field (fresh matter yield, FMY) and a sub-sample was dried at 105° C for 48 hours to calculate the dry matter content, which was used for calculating dry matter yield (DMY).

A 3D point clouds were obtained from the TLS data and structure-from-motion (SFM) method from UAV-borne images. A canopy surface height (CSH) for each study plot was derived using the 3D point cloud. CSH metrics for each subplot were computed comprising minimum, maximum, arithmetic mean, median, standard deviation, count, and 25th, 75th, 90th and 95th percentiles. A Pearson correlation coefficient (r) value was calculated for each CSH metric between both FB and DB. Ordinary least squares linear regression models were built to estimate both FB and DB based on the CSH metric with highest r value. Biomass estimation models were evaluated

using an adjusted coefficient of determination ($\text{adj.}R^2$) value and a normalised root mean square error (nRMSE).

Results and Discussion

Total average DB for G1 and G2 were 5.1 t ha^{-1} and 2.8 t ha^{-1} respectively. Mean CSH derived from TLS ranged from 0.11 to 0.31 m, whereas values based on SFM data were somewhat lower (0.04 to 0.27 m) in different harvests. Point densities of clouds fluctuated substantially among harvests for both methods. According to correlation analysis between biomass and derived CSH metrics, TLS 25th percentile (p25) height values obtained the highest correlation coefficient (r) between both FB ($G1_{FB}^r = 0.78$, $G2_{FB}^r = 0.86$) and DB ($G1_{DB}^r = 0.85$, $G2_{DB}^r = 0.90$). In contrast, for SFM the 75th percentile (p75) height had the strongest correlation with both FB ($G1_{FB}^r = 0.69$, $G2_{FB}^r = 0.91$) and DB ($G1_{DB}^r = 0.71$, $G2_{DB}^r = 0.93$).

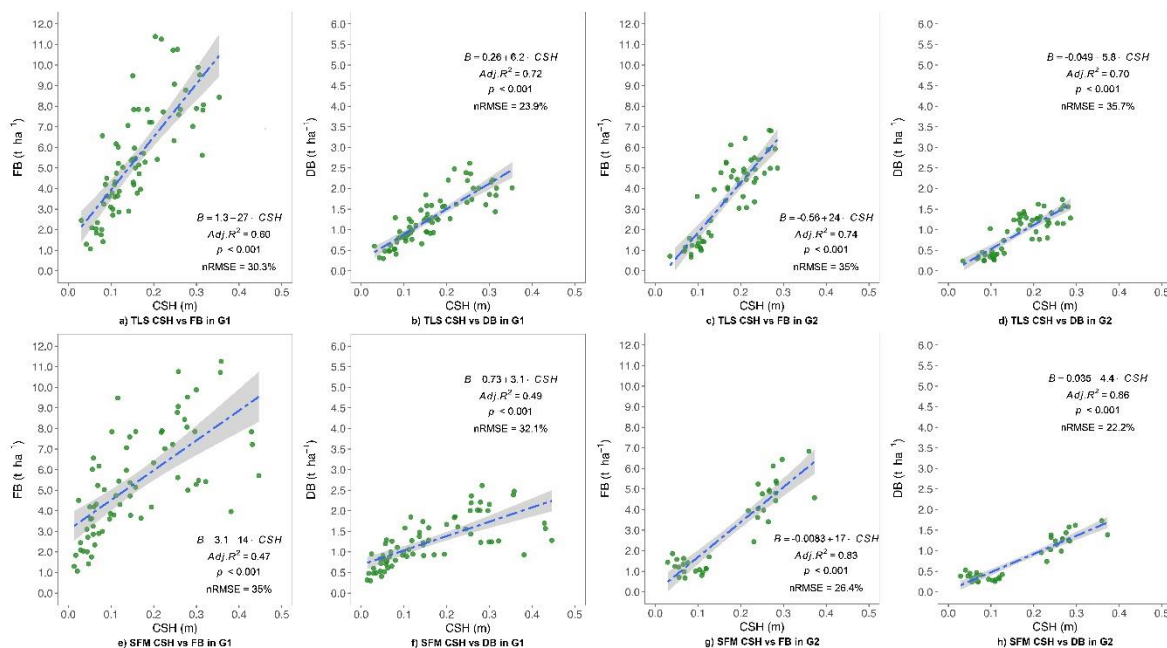


Fig 1: Relationship between TLS (a-d) and SFM (e-h) based canopy surface height and field fresh (FB) and dry biomass (DB) for the G1 and G2 grasslands. (B = biomass)

Linear regression models between highest correlated CSH metric and biomass showed a more stable trend for DB estimation than FB. Linear regression models between CSH derived from TLS and DB resulted in $\text{adj.}R^2$ 0.72 (nRMSE = 23.9%) for G1 and 0.70 (nRMSE = 26.7%) for G2, whereas correlations with CSH from the SFM were weaker for G1 ($\text{adj.}R^2 = 0.49$, nRMSE = 32.1%) and better for G2 ($\text{adj.}R^2 = 0.86$, nRMSE = 22.2%). As the CSH from SFM covered a wider range of data, slopes of regression functions were generally lower than with TLS data. Overall, based on the examined grasslands, this study revealed that both, TLS and UAV borne SFM derived CSH, can be used to model grassland biomass over large areas.

Literature

Wachendorf, M., Fricke, T., Möckel, T., 2017. Remote sensing as a tool to assess botanical composition, structure, quantity and quality of temperate grasslands. Grass Forage Sci. 1–14. doi:10.1111/gfs.12312

Noah-MP-Gecros: Boden-Pflanze-Atmosphäre-Interaktionen vor dem Hintergrund des Klimawandels am Beispiel Winterweizen in Deutschland

Pascal Kremer¹, Joachim Ingwersen¹, Petra Högy², Arne Poyda³, Sebastian Gayler¹
und Thilo Streck¹

¹Institut für Bodenkunde und Standortlehre/Universität Hohenheim, Stuttgart

²Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie/Universität Hohenheim, Stuttgart

³Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung/Christian-Albrechts-Universität Kiel, Kiel

E-Mail: Pascal.Kremer@uni-hohenheim.de

Einleitung

Wetter und Klima werden maßgeblich durch Wechselwirkungen im Boden-Pflanze-Atmosphäre-System beeinflusst. Mit dem Ziel Feedbackprozesse in diesem besser zu verstehen und in Wetter- und Klimamodellen den Austausch von Wasser und Wärme zwischen Agrarökosystemen und Atmosphäre präziser abbilden zu können, wurde im Rahmen der DFG-Forschergruppe ‚Regionaler Klimawandel‘ (FOR 1695) das Landoberflächenmodell Noah-MP (Niu et al. 2011) mit dem Pflanzenwachstumsmodell Gecros (Genotype-by-Environment interaction on CROp growth Simulator) (YIN & VAN LAAR 2005) gekoppelt. Das gekoppelte Landoberflächen-Pflanzenwachstumsmodell ist Teil eines Modellsystems, mit dessen Hilfe unter Berücksichtigung sozioökonomischer Szenarien und Anpassungsprozesse die Folgen des globalen Klimawandels für die Struktur und Funktionen von Agrarlandschaften auf regionaler Skala erforscht werden.

Angetrieben durch hochaufgelöste regionale Klimamodelle ermöglicht es Noah-MP-Gecros die zukünftigen Auswirkungen des Klimawandels auf Ertrag, Pflanzenwachstum, Austauschprozesse an der Landoberfläche sowie den Bodenwasserhaushalt unter Berücksichtigung des Jahreswitterungsverlaufs zu simulieren. Daraus können belastbare, praxisrelevante Aussagen zur Resilienz von Agrarökosystemen gegenüber dem Klimawandel abgeleitet werden.

Die Modellkopplung Noah-MP-Gecros wurde sowohl für die frühdeckende Kultur Winterweizen als auch die spätdeckende Kultur Mais parametrisiert.

Material und Methoden

Im Landoberflächenmodell Noah-MP wird die Heterogenität der Landoberfläche mit Hilfe eines „Semi-Tile-Ansatzes“ abgebildet. Hierbei werden in jeder Rasterzelle die Strahlungs- und Energiebilanz, die Flüsse von fühlbarer und latenter Wärme (Verdunstung) sowie der Bodenwärmefluss getrennt für vegetationsbedeckte und nicht von Vegetation bedeckte Areale berechnet. Die gesamten Austauschprozesse einer Gitterzelle werden dann mit Hilfe der Widerstands-Netzwerk-Theorie entsprechend der jeweiligen Anteile an vegetationsbedeckter und vegetationsfreier Fläche simuliert, wobei die Flächenanteile in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand des Pflanzenbestands berechnet werden (Niu et al., 2011).

Gecros ist ein generisches, fotosynthesebasiertes Pflanzenwachstumsmodell, welches speziell für die Simulation von Genotyp-Umwelt-Interaktionen zur Quantifizierung pflanzenphysiologischer Prozesse und deren Interaktion im Boden-Pflanze-Atmosphäre-Kontinuum entwickelt wurde (YIN & VAN LAAR 2005). Neben Biomasseentwicklung und Ertrag simuliert Gecros auch Wurzelwasseraufnahme, stomatäre Leitfähigkeit, Blattflächenindex und Pflanzenhöhe.

Im gekoppelten Modellsystem Noah-MP-Gecros liefert das Landoberflächenmodell in jedem Zeitschritt Information in Bezug auf eingehende kurz- und langwellige Strahlung sowie der aerodynamischen Widerstände des turbulenten Austauschs von Wärme und Luftfeuchte an das Pflanzenwachstumsmodell. Das Pflanzenwachstumsmodell seinerseits speist Informationen zum Entwicklungsstand der Vegetation (Wurzeltiefe, LAI, Pflanzenhöhe, Stomataöffnung) in das Landoberflächenmodell ein.

Das gekoppelte Modell Noah-MP-Gecros wurde anhand langjähriger Messreihen aus den beiden klimatisch und pedologisch heterogenen Modellregionen Kraichgau und Schwäbische Alb für Winterweizen und Silomais kalibriert, wobei ein Teil der Daten lediglich für die anschließende Validation verwendet wurde. In den beiden Modellregionen wurde seit 2009 ein Eddy-Kovarianz- (bis 2018) und ein Bodenwasser-Messnetz (bis 2017) betrieben.

Die Nettostrahlung, der Austausch sensibler und latenter Wärme an der Landoberfläche als auch der Bodenwärmefluss wurden an sechs Eddy-Kovarianz-Stationen (drei pro Modellregion) erfasst. Auch der Bodenwasserhaushalt wurde umfänglich regional gemessen. Die Pflanzenphänologie wurde zeitlich hochaufgelöst bestimmt. Zum 1-Knoten-Stadium (BBCH 31), zur Vollblüte (BBCH 65) und zur Vollreife (BBCH 89) wurden Biomassedaten bzw. zur Vollreife selbige bezogen auf die einzelnen Pflanzenkompartimente erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurde eine zufriedenstellende, robuste Modellparametrisierung für Winterweizen und Silomais gefunden, die klima- und regionsübergreifend gute Ergebnisse liefert. Hierbei war die Validität der Winterweizen-Simulationen im Vergleich zu Mais etwas höher. Beispielsweise betrug die Modelleffizienz für die phänologische Entwicklung in den Validierungsläufen für Winterweizen 0,98 und fiel für Silomais leicht ab auf 0,93 (INGWERSEN et al. 2018). Außerdem konnte durch eine Nachkalibration auch für extrem späte Aussaattermine solide Simulationsergebnisse erzielt werden. Für die Anwendung der Modellkopplung zur Klimafolgenabschätzung ergeben sich durch Klima-Pflanzen-Rückkopplungen vor allem während der Seneszenzphase Vorteile aufgrund der dann realistischeren Modellierung der Energieflüsse.

Im Tagungsbeitrag werden die Ergebnisse einer deutschlandweiten Validierung vorgestellt. Hierfür wurden an 17 für Deutschland repräsentative DWD-Standorten Noah-MP-Gecros Simulationen durchgeführt. Abschließend werden die Möglichkeiten und Grenzen des gekoppelten Modells zur Klimafolgenabschätzung kritisch diskutiert.

Literatur

- Ingwersen, J., P. Högy, H. D. Witzmann, K. Warrach-Sagi und T. Streck (2018): Coupling the land surface model Noah-MP with the generic crop growth model Gecros: Model description, calibration and validation. In press.
- Niu, G.-Y., Z.-L. Yang, K. E. Mitchell, F. Chen, M. B. Ek, M. Barlage, A. Kumar, K. Manning, D. Niyogi, E. Rosero, M. Tewari und Y. Xia (2011): The community Noah land surface model with multiparameterization options (Noah-MP): 1. Model description and evaluation with local-scale measurements. In: Journal of Geophysical Research 116.
- Yin, X. und H.H. van Laar (2005): Crop systems dynamics - An ecophysiological simulation model for genotype-by-environment interactions. Wageningen: Wageningen Academic Publishers.

Assessing the responses of 200 spring barley genotypes to water deficit using linear-plateau models

D. Moualeu-Ngangué¹, Ch. Dolch¹, R. Uptmoor³, J. Léon² und H. Stützel¹

¹Gottfried Wilhelm Leibniz Universität - Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover.

²Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität - Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Bonn.

³Universität Rostock - Professur Pflanzenbau, Rostock. E-Mail: moualeu@gem.uni-hannover.de;

Introduction

Most climate change scenarios suggest an increase in temperature which will lead to an increase of aridity and drought stress in many regions of the world (Petit *et al.*, 1999). Water deficit is already one of the most significant yield-reducing factor worldwide (Forster *et al.*, 2004). The possible dramatic consequences of climate change, as well as the need for improving cultivars to face this water deficit problem remain a major concern for plant scientists and breeders since an increase of water deficit in several parts of the world, alongside with an increase of the world population is predicted. Researchers and breeders have been working to understand the mechanisms underlying resistance to water shortage and to identify quantitative trait loci (QTLs) associated with phenotypic plasticity of morphological and physiological traits.

One of the main effects of drought stress in plant growth is the reduction of cell expansion. Cell growth was reported to be particularly sensitive to drought and the leaf expansion was found to be significantly reduced under drought stress (Hohl *et al.* 1995). Alongside with cell expansion, stomatal conductance and leaf water potential were reported to be significantly affected by water deficit. Linear plateau models can be used to describe the variation of the relative plant response to available water, and parameter obtained from the linear plateau model can be used to investigate the reaction of each genotype under water deficit. Genome wide association studies were performed on the parameters derived from the linear plateau model to identify QTLs associated with plant morphological and physiological responses under drought. QTLs associated with the response of leaf expansion, leaf water potential, stomatal conductance, and plant transpiration rate to drought stress were investigated.

Materials 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 with these barley genotypes were conducted from 2012 to 2015 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. The water status in the pots of the stressed plants was expressed as the fraction of transpirable soil water (FTSW) defined by

$$\text{FTSW}(t) = \frac{W(t) - W_f}{\text{TTSW}},$$

where TTSW was the total transpirable soil water (TTSW, g) calculated as the difference between the pot weights at full watered level and when the transpiration

rate of the stressed plants decreased to 10% of the respective control plants; $W(t)$ (g) was the pot weight at time t and W_f (g) was the final pot weight at the time when relative transpiration rate (rTR) was 10%. 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 at the Institute of Crop Science and Resource Conservation, Chair of Plant Breeding, University of Bonn, Germany according to the method described by Reinert *et al.* (2016) and 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.

Results and discussion

A high variability was observed among genotypes for parameters such as the LER, LAR as function of temperature sum. A variability for parameters of the linear plateau model was also observed for traits such as LER, stomatal conductance, leaf water potential and transpiration. Significant QTLs for breakpoints, slope and intercept of the linear plateau model were found using genome wide association studies. Over 75 QTLs were identified for the parameters of the linear plateau model involving the adaptation of barley to drought stress. The sum of the explained genetic variance ranged from 15 to 95% and the heritability ranged from 0 to 99%. QTLs were successfully associated to the slope and intercept of traits such as leaf elongation rate and for traits related to plant architecture such as leaf appearance rate, leaf length, the position of the longest leaf and the relationship between leaf length and leaf area.

References

- Bothmer Rv, Knupffer H, Sato K. 2004. *International Barley Core Collection status report*.
- Forster BP, Ellis RP, Moir J, *et al.* 2004. Genotype and phenotype associations with drought tolerance in barley tested in North Africa. *Ann Applied Biology* 144: 157–168.
- Hohl M, Greiner H, Schopfer P. 1995. The cryptic-growth response of maize coleoptiles and its relationship to H₂O₂-dependent cell wall stiffening. *Physiol Plant* 94: 491–498.
- 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. doi:10.1111/gcbb.12433.
- Petit JR, Jouzel J, Raynaud D, *et al.* 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature* 399: 429–436.
- Reinert S, Kortz A, Leon J, Naz AA. 2016. Genome-Wide Association Mapping in the Global Diversity Set Reveals New QTL Controlling Root System and Related Shoot Variation in Barley. *Frontiers in Plant Science* 7: 1061.

Moisture measurement and control in Germination Paper: Use of model predictive control to effect required water amount

L. Owino, F. Kögler and D. Söffker

Chair of Dynamics and Control, University of Duisburg-Essen, Duisburg;
E-Mail: lina.owino@uni-due.de

Introduction

Germination paper (GP) is frequently used as a growth substrate in studies regarding root phenotyping (Adu, 2013) and germination (Qayyum, 2011). Previous studies using GP as a growth substrate have employed pouch-and-wick systems (Adu, 2013) which lends itself to a constant supply of irrigation solution, thus not particularly suited to deficit irrigation studies. In a study involving water stress (Qayyum, 2011), fixed concentrations of PEG6000 are used to induce water deficit. This method cannot be applied in studies involving variation of water deficit intensities.

In this work, an automatic measurement system for GP moisture measurement is described. A model predictive controller is used to maintain GP moisture content at predetermined amounts, which can be dynamically varied.

Materials and Methods

The experimental set-up was installed in a test rig for research of plant dynamics under water stress at the Chair of Dynamics and Control, University of Duisburg-Essen, Germany. Sheets of GP (210 x 297 mm, Hahnemühle, grade 3644) were fixed onto frames, each consisting of two parallel sheets of Perspex with small tanks at the bottom edge for irrigation and 3 metal contacts for connection to the moisture measurement circuit. Air temperatures were maintained between 21-23 °C, and relative humidity ranged between 21-33 %.

The moisture measurement system was developed in Zimmermann (2016). A series connection of 4 capacitors ($6300 \mu\text{F} \pm 20 \%$ each) is connected via multiple relays to a Programmable Logic Controller (PLC). Residual charge of the capacitors is determined through a current measurement via the PLC. Gravimetric measurements of the GP were also made using a precision balance.

The irrigation system was developed in Sattler (2016), with discrete amounts of irrigation solution between 5 – 30 g automatically supplied via two peristaltic pumps and a distribution system. The maximal moisture content of the GP was determined in test runs to be between 80 and 90 g.

A predictive model for GP moisture content was developed describing the current water content as:

$$W_k = W_{k-1} + I_{k-1} - ((c_1 H + c_2) \ln(W_{k-1}) - (c_3 H + c_4)) T_0$$

with

W_k = current water content,

W_{k-1} = water content at previous step,

I_{k-1} = current measurement at previous step,

H = relative humidity,

T_0 = sampling time and

$c_1, c_2, c_3,$ and c_4 as constants evaluated using the Penman equation which relates evaporation rate to relative humidity.

The required irrigation amount was determined based on the individual moisture measurement in one group, and on the mean value of measured GP moisture for a second group. Model predictive control was used for 2 groups of GP and a PI controller as described in Isermann (1987) used for 2 control groups. The required moisture content was set at 40 g for 5 days and afterwards 25 g for 4 days.

Results and Discussion

The effective range of measurement for the GP water content (W) was found to be $74 \text{ g} > W > 20 \text{ g}$, with deviations ranging between -12 g and $+14 \text{ g}$. Application of the MPC resulted in a maximum absolute control deviation of 9.2 g for the individually controlled GP and 4.2 g for the group-controlled GP. Comparable values obtained using the PI controller were $10.3 \text{ g} - 11.3 \text{ g}$ for the individually controlled GP and 10.3 g for the group-controlled GP.

The described system of measurement and control allows varying amounts of water to be applied to GP, allowing a predetermined deficit irrigation schedule to be applied to the growth substrate. The configuration particularly lends itself to the observation of root development under varying deficit irrigation regimens. Further improvements could involve improvement of the measurement circuit as well as improvement of the irrigation system for greater accuracy in moisture measurement and quantity of water delivered.

Literature

- Adu, M.O., Chatot, A., Wiesel, L., Bennet, M.J., Broadley, M.R., White, P.J., Dupuy, L.X. (2013): A scanner system for high resolution quantification of variation in root growth dynamics of Brassica rapa genotypes. In: J Exp Bot Vol. 65 No. 8:2039-2048. doi: 10.1093/jxb/eru048
- Isermann, R. (1987): Digitale Regelsysteme 1: Grundlagen, deterministische Regelungen. Springer, Berlin
- Qayyum, A., Razzaq, A., Ahmad, M., Jenks, M.A. (2011): Water stress causes differential effects on germination indices, total soluble sugar and proline content in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. In: Afr J Biotechnol Vol.10(64):14038-14045. doi: 10.5897/AJB11.2220
- Sattler, A. (2016): SPS-basierte Regelung und Erweiterung eines Versuchsaufbaus sowie experimentelle Modellbildung zur automatisierten Dosierung von Flüssigkeiten. Master thesis, University of Duisburg-Essen, Chair of Dynamics and Control.
- Zimmermann, F. (2016): Modellbildung und Validierung eines komplexen Systems: Versuchsstandaufbau für die Erhebung pflanzenphysiologischer Parameter, Automatisierung der Versuchsdurchführung sowie experimentelle Bestimmung des dynamischen Verhaltens. Master thesis, University of Duisburg-Essen, Chair of Dynamics and Control.

Global patterns of agronomic drought risk

E.Eyshi Rezaei und S. Siebert

Department of Crop Sciences, University of Göttingen, Von-Siebold-Straße 8, 37075, Göttingen, Germany, E-Mail: ehsan.eyshi-rezaei@uni-goettingen.de

Introduction

Drought stress is one of the most critical yield limiting factors but can also considerably reduce the crop harvested area in affected regions (Lesk et al., 2016). The annual average economic impact of drought doubled between the periods 1976–1990 and 1991–2006 and approached an amount of 6.2 billion euros per year in the most recent years (EEA, 2010). Therefore, studying the long term change in the frequency and magnitude of extreme events such as drought could help us to better target adaptation strategies for the projected future climate. The objective of the current study was to assess trends and anomalies in agronomic drought and impacts on 25 crops/crop groups at global scale.

Materials and Method

We calculated an agronomic drought defined as the ratio between actual crop evapotranspiration and potential evapotranspiration (AET/PET) by using the Global Crop Water Model (GCWM) which has been developed to simulate crop water use and crop yields in rainfed and irrigated conditions (Siebert and Döll, 2010). The range of AET/PET is between 1 (no drought) and 0 (maximum drought). Climatic Research Unit (CRU) time series version 3.25 dataset at $0.5^\circ \times 0.5^\circ$ resolution was employed as climate input to the model (Harris et al., 2014). The model was performed for 25 crops/crop groups in the period 1985 to 2016. Next, we computed a time series of the weighted mean of the agronomic drought index for 19 UN sub-regions based on country specific harvested areas derived from the FAOSTAT database. The weighted agronomic drought index was used for trend analysis and anomaly estimation.

Results and Discussion

The countries located in Western and Central Asia showed the most severe agronomic drought (AET/PET ratio= 0.24 to 0.26) (Figure 1a) despite, Northern Europe and South-eastern Asia (AET/PET ratio= 0.81 to 0.88) indicated lowest severity of drought over the study period (Figure 1a). The largest standard deviation in the AET/PET ratio was calculated for Africa and Oceania particularly for countries located in Southern and Western Africa (Figure 1b). The strongest increasing trend in AET/PET ratio (agronomic drought intensity) was simulated for Western Africa, Western Asia, Middle and East Africa (up to 2% increase per year) for most of the crop groups during the study period (Figure 1c). However, the trend of AET/PET ratio was mostly negative in regions such as South-eastern Asia (Figure 1c). The largest anomaly (deviation from long term median) of the AET/PET ratio was simulated for Oceania and Southeastern Asia (Figure 1d). There was also the most negative trend in anomaly of AET/PET ratio for Northern Europe among the study regions. The specific focus is requiring to design preparatory and mitigation policies for the regions which showed increase in drought such as West Africa and West Asia. The findings of the study will help to better understand the dynamics and trends in drought risks at global scale and contribute to a global drought information system which is currently under development.

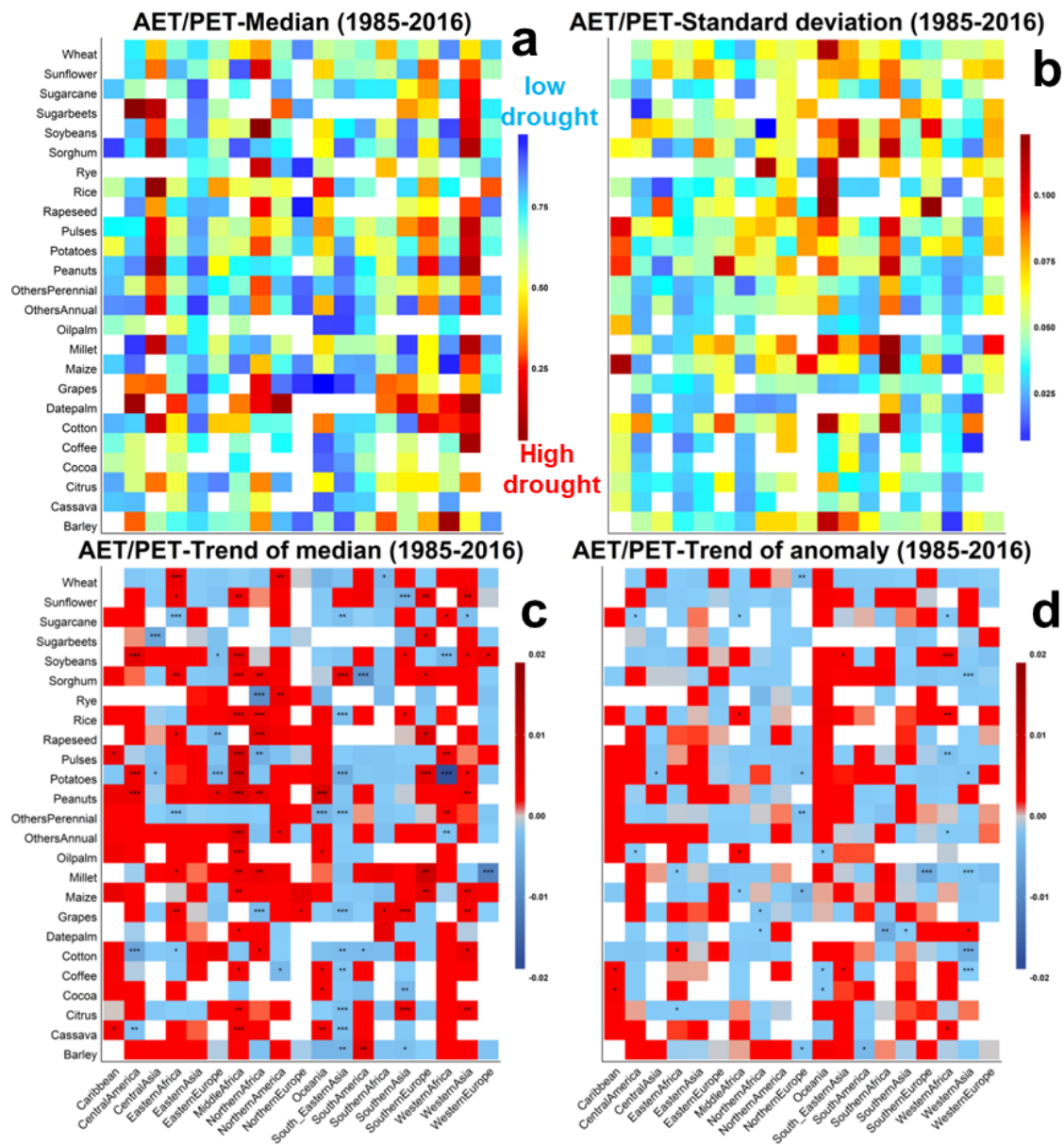


Figure 1. The heat maps of median (a), standard deviation (b), trend of median (c) and anomaly (d) of weighted agronomic drought (AET/PET ratio) in the period 1985 to 2016 for 25 crops/crop groups and 19 UN sub-regions. *, ** and *** = significance at 5, 1 and 0.1% probability levels, respectively.

References

- EEA, 2010. Mapping the impacts of recent natural disasters and technological accidents in Europe - An overview of the last decade, EEA Technical report. <https://doi.org/10.2800/62638>
- Harris, I., Jones, P.D., Osborn, T.J., Lister, D.H., 2014. Updated high-resolution grids of monthly climatic observations - the CRU TS3.10 Dataset. *Int. J. Climatol.* 34, 623-642.
- Lesk, C., Rowhani, P., Ramankutty, N., 2016. Influence of extreme weather disasters on global crop production. *Nature* 529, 84-87.
- Siebert, S., Döll, P., 2010. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *J. Hydrol.* 384, 198-217.

Crop coefficients and morphological characteristics of African nightshade (*Solanum scabrum* Mill.) under optimum soil water conditions

Naomi C. Ketter^{1,2}, John M. Wesonga² and Hartmut Stützel¹

¹Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Germany;

²Department of Horticulture, Jomo Kenyatta University of Agriculture and Technology, Nairobi, Kenya.

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

Introduction

Agriculture is the largest consumer of freshwater globally, accounting for approximately 70% of the total water withdrawn (Foley *et al.*, 2011). The world's cropland under irrigation has doubled in the last 50 years (Foley *et al.*, 2011), hence agriculture has been accused to be the main cause to the increasing global freshwater scarcity (Alexandratos and Bruinsma, 2012). Leafy vegetables are often irrigated in excess of their water demand in order to achieve high economic returns in terms of yield and quality (De Pascale *et al.*, 2011). This situation can be avoided when a crop's water supply is matched to its water demand as estimated from crop evapotranspiration (ET_c). A good estimate of ET_c of a crop is achieved by multiplying the reference evapotranspiration (ET_o) by a species and stage specific crop coefficient (K_c) (Allen *et al.*, 1998). K_c values have been determined and used for scheduling irrigation of major crops in various regions of the world. However, this important plant characteristic has not yet been determined for African nightshade which makes it impossible to estimate its crop water consumption. Therefore, the objective of this study was to determine the K_c values of African nightshade, *Solanum scabrum* Mill. and how they are affected by plant morphological characteristics such as ground cover, plant height and number of main stem leaves per plant under optimum soil water conditions.

Material and Methods

Two field experiments were conducted in summer of 2016 and 2017 in the Institute of Horticultural Production Systems at Leibniz Universität Hannover, Germany with two lines of African nightshade, Nduruma and Olevolosi, obtained from the World Vegetable Centre, Eastern and Southern Africa - Arusha (AVRDC). Black conical 20-liter plastic container pots were dug into the soil to act as weighing lysimeters with dimensions of 29 cm height, 34 cm top and 28 cm bottom diameters. The surface area of each container was 0.088 m² and 12 such containers were used per line. One plant was raised in each container surrounded by two rows of plants growing normally on soil and were weighed every day. Changes in soil water content were converted to mm of water by first multiplying by plant density and then by a correction factor of 1.82. This correction factor was a ratio of the area available for one plant to the lysimeter surface area, i.e. 0.16 m² plant⁻¹/0.088 m² plant⁻¹. Daily temperature, relative humidity, incoming radiation and wind speed at 2 m height, obtained from a weather station located 100 m away from the experimental site, were used to calculate ET_o using the Penman-Monteith method (Allen *et al.*, 1998) implemented in FAO's ET_o Calculator (Raes & Munoz, 2012). Crop ground cover was estimated from weekly photographs taken from the top of the canopy and analyzed for percentage of canopy cover using Plant Image Analysis software (Lobet *et al.*, 2013). Measurements of plant height and main leaves per plant were taken. The crop was

kept at optimum soil water conditions throughout the growing season (field capacity >80%). Kc was computed as a ratio of ETc to ETo and sigmoidal curves were fitted for Kc as a function of days after transplanting (DAT), cumulative degree days and fraction of ground covered.

Results and Discussion

ETo in 2016 ranged between 1.2 and 5.8 mm d⁻¹ with a mean of 3.4 mm d⁻¹ while in 2017 ETo was lower, with a range of 0.8-4.1 mm d⁻¹ and a mean of 2.3 mm d⁻¹. In 2016, the daily ETc of African nightshade ranged from 0.5 mm d⁻¹ early in the crop development when the plants were young to a peak of 6.8 mm d⁻¹ just before harvest when the plants achieved effective ground cover. A similar trend but with lower ETc values ranging from 0.8 to 3.7 mm d⁻¹ was observed in 2017. The mean daily ETc was 3.5 and 2.1 mm d⁻¹ in 2016 and 2017 respectively. Seasonal Kc of African nightshade ranged from 0.2 to 1.3 in 2016 and from 0.3 to 1.1 in 2017. The sigmoidal curves showed an initial Kc of less than 0.15 from transplanting to 7 DAT which increased steadily to 0.95 at 20 DAT before levelling off towards harvest at 1.1 in 2016 and 1.0 in 2017. The peak Kc values were reached when the percentage of ground covered was 70% in 2016 and 66% in 2017. Maximum plant height of African nightshade in 2016 was 49 cm, which was more than twice that of 2017 of 23 cm. This could be due to lower temperatures in 2017 although it had no significant effect on the number of main leaves per plant (17 in 2016 and 15 in 2017). Kc of African nightshade followed a sigmoidal curve for the morphological measurements taken.

References

- Alexandratos, N. & Bruinsma, J. (2012). *World agriculture towards 2030 / 2050: The 2012 Revision*. (No. ESA working paper 12-03). Rome.
- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D. & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Food and Agricultural Organization, United Nations, Rome, Italy.
- De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G. & Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *HortTechnology*, 21, 301-308.
- FAO (2011). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture (SOLAW) - Managing systems at risk*. London: Food and Agriculture Organisation of the United Nations, Rome and Earthscan.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Mueller, N.D., O'Connell, C., Ray, D.K., West, P.C. & Balzer, C. (2011). Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478, 337.
- Lobet, G., Draye, X. & Périlleux, C. (2013). An online database for plant image analysis software tools. *Plant methods*, 9, 38.
- Raes, D., & Munoz, G. (2012). *The ETo Calculator*. Reference Manual Version, 3.

Genetic variance in the dynamics of architectural traits and photosynthesis responses of tomato (*Solanum pennellii* x M82) introgression lines under drought stress

San Shwe Myint, Dany Moualeu-Ngangue and Hartmut Stützel

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

Introduction

Under drought stress, plants try to adapt with the alterations of structural and functional traits. It is known that the dynamics of canopy architecture (CA) under abiotic stresses have a feedback influence on canopy light interception, carbon assimilation and dry matter production. The change in plant phenotype triggered by environmental variation (e.g drought) is known as phenotypic plasticity (PP) (Bradshaw, 1965). Near isogenic introgression lines confer favourable chromosome regions associated with yield potential and drought adaptation. In the *S. pennellii* (*Sp*) introgression lines, although there is a significant genotypic and treatment effects for most of the growth and developmental traits, no genotypic variability for PP (treatment x genotype) of some traits such as leaf formation, stem elongation, stem weight and SLA were found from our previous dataset. Therefore, there is a lack of empirical evidence whether genotypic variability for PP of CA traits exists, and how each and total PP of CA traits relate to responses of metabolic (e.g photosynthesis parameters) and yield (e.g dry mass production) traits under drought stress. This work aimed at addressing these questions.

Materials and Methods

Experiments were conducted in a greenhouse of Leibniz Universität Hannover from April to October 2017. Plant materials were provided by Tomato Genetics Resource Center (TGRC (UC, Davis, USA) and consisted of 50 first generation introgression lines (ILs), drought tolerant green-fruited donor, *Sp* (LA0716) and elite recurrent cultivar, *S. lycopersicum* cv. M82 (LA3475). The 52 genotypes were cultivated at two water supply levels, drought stressed and well-watered, arranged as a two-factorial randomized complete block design with three replications. Drought stress was imposed by withholding water at the 7th leaf initiation stage. Daily canopy transpiration (DCT) was recorded gravimetrically and architectural traits including leaf length (L_l), leaf width (W_l), petiole angle (θ_p), leaf blade angle (θ_l), leaf curvature (C_l) (Chen *et al.*, 2014) and azimuth angle (β) were assessed weekly by using a Fastrak 3D digitizer (Polhemus Inc., Colchester, VT, USA). To estimate the leaf area, triangulation was made by the use of 5 coordinate points for leaves with 5 leaflets, and 8 coordinate points for leaves with 7 leaflets (**Figure 1**). The output of digitized leaf area was then calibrated with the measured data by using a leaf area scanner (LI-COR 3100) at harvest. PP of particular CA traits was calculated as follows:

$$\text{Phenotypic plasticity (\%)} = \frac{\text{Stress} - \text{Control}}{\text{Control}} \times 100$$

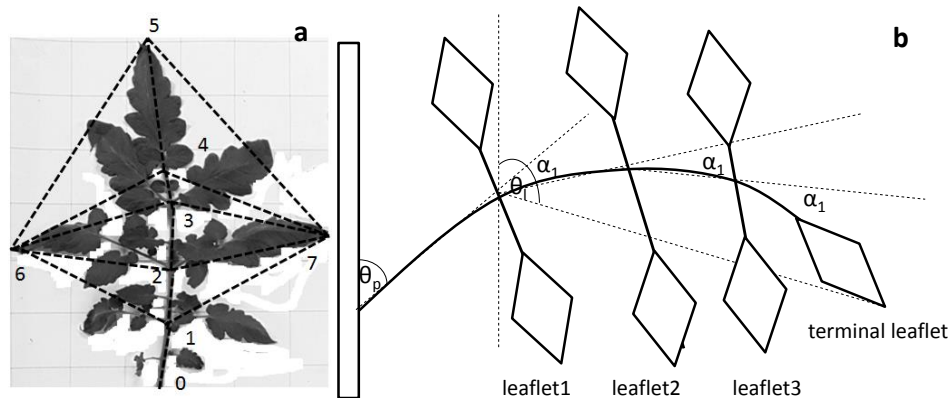


Figure 1. Program setting for 3D digitizing of a tomato leaf: triangulation (a) and representation of the leaf architecture (b). L_1 (cm), distance between 0 and 5; W_1 (cm), distance between 6 and 7; θ_p ($^\circ$), angle between stem and petiole; θ_l ($^\circ$), angle between normal and tip of terminal leaflet at the insertion point of leaflet 1; C_1 ($^\circ$), sum of α_1 , α_2 and α_3 (Adapted from Chen *et al.* (2014)).

Using LI 6800 photosynthesis systems (Li-Cor Inc., NE, USA), gas exchange measurements were performed weekly on light adapted 300-350 °Cd old leaves between 08:30 and 14:30 HR. Net photosynthetic rate (A_{sat}) and electron transport rate (ETR), photosystem II quantum efficiency (ϕ_{PSII}) at saturating irradiance were estimated at 1500 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD. To estimate maximum Rubisco carboxylation rate (V_{cmax}), maximum potential electron transport rate (J_{max}) for each of the ILs, the one point method was used based on $A-C_i$ curves previously estimated from 20 random ILs using the protocol and system settings as described in Moualeu-Ngangué *et al.* (2017). When the stressed plants showed <10% DCT of the control, plants were harvested and data on leaf area and dry weights were taken.

Results und Discussion

The results indicated that genotypic variance exists for PP of some CA traits, A_{sat} and ETR. There was a positive correlation between θ_p at the upper canopy layer and shoot dry mass, meaning that genotypes of more clumping structure ameliorate the drought effect on dry mass production, in line with the finding of Chen *et al.* (2014). No genotypic variance was observed for PP of C_i and θ_l . In general, V_{cmax} and J_{max} correlated better with the fixed CA traits and A_{sat} with the plastic traits. The results explain the feedback influences of CA traits on variances of leaf and canopy level plant performances under drought stress.

Literature

- Bradshaw A.D. (1965). Evolutionary significance of phenotypic plasticity in plants. *Advances in Genetics* 13: 115-155.
- Chen, T.W., Nguyen, T.M.N., Kahlen, K., Stützel, H. (2014). Quantification of the effects of architectural traits on dry mass production and light interception of tomato canopy under different temperature regimes using a dynamic functional-structural plant model. *J. Exp. Bot.* 65(22): 6399-6410.
- Moualeu-Ngangué, D.P., Chen, T.-W., Stützel, H. (2017) A new method to estimate photosynthetic parameters through net assimilation rate –intercellular space CO_2 concentration ($A-C_i$) curve and chlorophyll fluorescence measurements. *New Phytologist* 213(3), 1543-155

Ertrag und Nährstoffzusammensetzung von Weizen und Raps nach temporärer Staunässe

Anna-Catharina Wollmer, Britta Pitann und Karl H. Mühling

Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Abteilung Pflanzenernährung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel. E-Mail: khmuehling@plantnutrition.uni-kiel.de

Einleitung

Die Zunahme von Extremwetterlagen mit Starkregenereignissen und ergiebigem Dauerregen aufgrund der sich wandelnden klimatischen Bedingungen hat erhebliche Auswirkungen auf die Getreideproduktion (Umweltbundesamt, 2017). Der durch Staunässe Böden und Überflutung auftretende Sauerstoffmangel im Boden führt zu einer Hemmung der pflanzlichen Stoffwechselvorgänge und schränkt deren Wachstum massiv ein. In Zukunft werden diese extremen Wetterlagen weiter zunehmen und besonders in kritischen Phasen der Bestandesentwicklung auftreten, wie z. B. im Herbst nach dem Auflaufen der Saat oder im Frühjahr zu Vegetationsbeginn. Bisher sind die Ertragsverluste durch solche Ereignisse für die Landwirte nicht kalkulierbar, da keine ausreichende Datengrundlage zu Ertragsverlusten durch Staunässe unter hiesigen klimatischen Bedingungen und Sorten vorhanden ist. Aus diesem Grund wurden in dieser Studie die Auswirkungen von zeitweiliger Staunässe auf Ertrag und Nährstoffzusammensetzung in den Kulturpflanzen Winterweizen und Winterraps unter feldähnlichen Bedingungen untersucht.

Material und Methoden

Die Durchführung von Versuchen mit dem Faktor Staunässe gestaltet sich unter Feldbedingungen schwierig, da Unwetter zufällig und unregelmäßig auftreten und die Versuchsbedingungen daher nicht steuerbar sind. Aus diesem Grund wurden in dem hier beschriebenen Versuch Großcontainer zur Simulation von feldnahen Bedingungen verwendet.

Zwei Winterweizensorten und eine Winterrapsorte wurden in Großcontainern in einem Kaltgewächshaus (ohne zusätzliche Lichtquellen und Temperatursteuering) angezogen, um eine exakte Versuchssteuerung ohne natürliche Regenereignisse zu gewährleisten. Die Überstauung erfolgte zu zwei unterschiedlichen Entwicklungsstadien für zwei Wochen. Dabei wurde der Versuch in drei Varianten gegliedert. Variante 1 diente als Kontrolle und wurde während des gesamten Versuchszeitraums konstant auf 60 % Wasserhaltekapazität (WHK) bewässert. Variante 2 wurde ab BBCH 31 für zwei Wochen überstaut (105 % WHK). Nach zwei Wochen wurde das Wasser abgelassen und der Boden wurde auf 60 % WHK abtrocknen gelassen. Danach wurde bis zum Versuchsende konstant auf 60 % WHK bewässert. Mit Variante 3 wurde ebenso verfahren wie mit Variante 2, allerdings erfolgte hier die Überstauung zu EC 51/55. Nach jeder Staunässeperiode wurden Zwischenernten durchgeführt und Frisch- und Trockenmassen erfasst. Bei der finalen Ernte wurden die Biomassen von Stroh und Ähren bzw. Schoten, so wie der Kornertrag und die Ertragskomponenten bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Staunässeperioden im Winterweizen und Winterraps führten in diesem Versuch zu Ertragsverlusten. Dabei war die Höhe des Ertragsverlustes abhängig vom Entwicklungsstadium. Staunässe zu Schossbeginn resultierte im Winterweizen in

Beeinträchtigungen der vegetativen Entwicklung und in einer gehemmten Nährstoffaufnahme, insbesondere von N. Ertragsverluste traten jedoch nicht auf, da die Weizenpflanzen eine hohe Regenerationsfähigkeit besaßen.

Im Winterraps führte Staunässe zu BBCH 31 zu einem reduzierten Pflanzenwachstum und einer verminderten Nährstoffaufnahme und Blütenfertilität, wodurch die Anzahl der Schoten, Anzahl der Körner pro Schote und das TKG sanken. Außerdem schädigte die Staunässe die Wurzel nachhaltig, wodurch die erforderlichen Nährstoffmengen nicht mehr aufgenommen werden konnten. Dies resultierte in einem verminderten Knospen- und Schotenansatz und führte zu einer Ertragsabnahme von etwa 25 %.

Staunässe zur Blüte führte insbesondere im Winterweizen zu Ertragsverlusten. Da die generative Entwicklung beeinträchtigt war, sank neben der Anzahl der Körner pro Ähre auch das TKG. Der Ertrag verminderte sich um 42 % bis 60 %.

Im Winterraps waren die Ertragsverluste durch eine Staunässeperiode zur Blüte deutlich geringer. Zwar welkte und vertrocknete die Hauptinfloreszenz der Rapspflanzen aufgrund eines starken Calciummangels während der Staunässe, doch durch das Austreiben von sekundären Blütenständen nach dem Ende der Überstauung beliefen sich die Ertragsverluste nur auf etwa 15 % (Wollmer et al., 2018).

Staunässeperioden beeinflussten auch die Qualität von Winterweizen und Winterraps. Im Winterweizen nahm die Kornqualität ab. Spät überstauter Weizen bildete Schmachtkörner mit geringen Proteingehalten pro Korn. Außerdem veränderte sich die Proteinzusammensetzung. Schwefelarme Glutenin-Fractionen stiegen an, während schwefelreiche Glutenin-Fractionen abnahmen, was zu einer Veränderung der Backqualität führen könnte.

Im Winterraps führten Staunässeperioden zu einem Anstieg des Ölgehalts im Rapsamen. Der von der verarbeitenden Industrie geforderte Ölgehalt von 40 % konnte unabhängig von der auftretenden Staunässe erreicht werden. In überstauten Rapspflanzen stieg der Ölgehalt an, sodass Preiszuschläge für erhöhte Ölgehalte die Ertragsverluste zum Teil ausgleichen können.

Literatur

Umweltbundesamt, 2017. Trends der Niederschlagshöhe. Verfügbar unter: <http://www.umweltbundesamt.de/daten/klimawandel/trends-der-niederschlagshoehe>, (Stand: 10.05.2017).

Wollmer, A.-C., Pitann, B., Mühling, K.H., 2018. Waterlogging events during stem elongation or flowering affect yield of oilseed rape (*Brassica napus* L.) but not seed quality. J. Agro Crop Sci; 204:165-174.

Wheat farmers' water productivity and yield gap in Golestan Province, Iran

Til Feike¹, Ronja Strauch² and Maryam Tahmasebi³

¹Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut (JKI) | Federal Research Centre for Cultivated Plants, Kleinmachnow; ²Department of Agricultural Economics, Humboldt-Universität zu Berlin, Berlin; ³Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran. E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Introduction

Iran faces a severe water crisis, which threatens the country's food security, economic development and social stability. Irrigated agriculture is by far the largest consumer of fresh water resources (Schmidt, 2018), while it is of great importance to national food self-sufficiency and rural livelihoods. Wheat as the most important crop of the country depends strongly on irrigation. Improving wheat production systems may provide a significant contribution to alleviating Iran's water crisis. Hence, the present study aims at exploring opportunities for improving farmers' wheat production with regard to water productivity and yield levels.

Material and Methods

Golestan province in Northeastern Iran was selected as an important national wheat production region. Production data of 540 wheat farmers was derived by farm household survey in the 36 extension centers of the province (Tahmasebi et al., 2018). In each center, data of 15 randomly selected wheat farmers was collected by face-to-face interview; data of 536 farms were available for the present analysis. The survey data serves as a representative sample of the status-quo production situation in the region. About half of the surveyed farmers produce under rainfed conditions, while the other half produce in irrigated systems.

Apart from detailed production data on timing and amounts of different working steps and production inputs, each individual farm's geographical coordinates were recorded during farm survey. The geographic information allowed the assignment of the prevalent soil type from Harmonized World Soil Database (FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC, 2009) and daily weather data of the nearest weather station of the Meteorological Organization of I.R. of Iran to each farm.

The AquaCrop model was then employed to obtain farm specific potential yield values (three year averages) building on the farmers' reported crop management information, HWSD soil data and daily weather data. In the next step, the model's "fertility stress" option was applied to reduce simulated yields to individually reported yields to derive realistic values for actual evapotranspiration and make the model available for scenario analysis under actual production conditions. Additionally, a full irrigation production scenario was run to assess the effect of eliminating water shortage stress. The scenario analysis allowed disentangling yield reduction related to water stress from yield reduction related to non-irrigation related stress.

Results and Discussion

In Golestan rainfed wheat produces significantly lower yields compared to irrigated production (cf. Tab.1). At the same time, irrigated production also features a higher water productivity of 0.95 kg wheat grain per cubic meter water consumed by evapotranspiration during the growing cycle, compared to an average of 0.8 kg per cubic meter in rainfed production. The average yield gap is as high as 53.1% in

irrigated and 47.6% in rainfed production, while the water productivity gaps are similar in irrigated and rainfed production with 43.5% and 44.8%, respectively.

Table 1. Average values and standard deviations of status quo yields, relative yield gaps, water productivity and relative water productivity gaps of the surveyed irrigating and rainfed wheat farms in Golestan.

Production system	Yield [t ha ⁻¹]	Yield gap [%]	Water productivity [kg m ⁻³]	Water prod. gap [%]
Rainfed (N=277)	3.14±1.07	47.6±19.1	0.80±0.22	44.8±17.5
Irrigated (N=259)	3.85±0.90	53.1± 11.7	0.95±0.32	43.5±12.8

The scenario analysis furthermore reveals that full irrigation only reduces yield gaps and water productivity gaps slightly. Overcoming all other non-irrigation related production limitations has a much higher potential for narrowing yield gaps compared to improved irrigation. Hence, training farmers in all aspects of crop management should receive sufficient attention, when aiming at improving farmers' wheat production systems in Golestan, Iran.

References

- FAO/IIASA/ISRIC/ISSCAS/JRC (2009) Harmonized World Soil Database (version 1.2). FAO, Rome, Italy and IIASA, Laxenburg, Austria.
- Schmidt, M. (2018): Wasserkrise am Urmiassee im Iran: Eine Umwelt- und Sozialkatastrophe des Anthropozäns. *Geographische Rundschau* 70 (1/2): 38-43.
- Tahmasebi , M., Feike, T., Soltani, A., Ramroudi, M., Ha, N. (2018) Trade-off between productivity and environmental sustainability in irrigated vs. rainfed wheat production in Iran. *Journal of Cleaner Production* 174: 367-379.

Von der Schlagdokumentation zum optimalen Produktionsverfahren

Andrea Zieseimer

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

Einleitung

In den Referenzbetrieben der Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern werden seit 1993 landwirtschaftliche Praxisdaten erhoben. Jährlich fließen die Schlagkarteidaten von rund 30 Landwirtschaftsbetrieben und 1.100 Schlägen in die Auswertung ein. Da die Mähdruschfrüchte den höchsten Flächenanteil an der landwirtschaftlichen Produktion in Mecklenburg-Vorpommern haben, liegt hier der Auswertungsschwerpunkt. An erster Stelle steht die wirtschaftliche Beurteilung der Verfahren des Mähdruschfruchtanbaus. Darüber hinaus kann eine Vielzahl von acker- und pflanzenbaulichen Fragestellungen aus dem umfangreichen Datenmaterial beantwortet werden. Jährlich werden die Ergebnisse in einem Bericht veröffentlicht, der einen horizontalen und vertikalen Fruchtartenvergleich mit Analysen zu Einflussfaktoren auf die Wirtschaftlichkeit einzelner Mähdruschfrüchte enthält.

Material und Methoden

Die Referenzbetriebe sind landwirtschaftliche Unternehmen unterschiedlicher Produktionsrichtungen und Rechtsformen, die eine gute Verteilung im Land Mecklenburg-Vorpommern aufweisen. Nutzen die Betriebe geeignete Software zur elektronischen Schlagkarteiführung oder selbst gestaltete Excel-Dateien, werden die Daten aus den Programmen im Excel-Format übernommen. Da eine Vielzahl der Programme nur über eine Ausgabe im pdf-Format verfügt, werden die Daten „abgeschrieben“. Für jeden Betrieb wird eine Excel-Tabelle zusammengestellt. Alle Kennzahlen liegen schlagweise vor. Dabei handelt es sich um ökonomische Kennwerte, die um produktionstechnische Angaben erweitert werden. Die überbetriebliche Datenzusammenführung und –auswertung erfolgt auf der Basis einer Access-Datenbank. Dafür wurden eigene Auswertungsmodule geschaffen.

Als Erfolgsgröße beim Vergleich der Mähdruschfrüchte findet die Direktkostenfreie Leistung Verwendung. Die Direktkosten haben die Eigenschaft, dass sie sich als Einzelkosten direkt einem Kostenträger zuordnen lassen und sich gleichzeitig proportional mit der Ausbringungsmenge ändern.

Wird die Direktkostenfreie Leistung um die variablen Maschinenkosten erweitert (z.B. anhand der Planungsrichtwerte des KTBL) und Vergangenheitswerte durch Erwartungswerte ersetzt, erhält man den Deckungsbeitrag und damit einen Planungswert (Annen 2017).

Ergebnisse und Diskussion

Der Schwerpunkt der Auswertung liegt auf dem Wirtschaftlichkeitsvergleich der Mähdruschfrüchte. Tab. 1 zeigt die Direktkostenfreie Leistung im mehrjährigen Mittel. Weiterhin werden Auswertungen nach Ackerzahlen, Höhe der Stickstoffdüngung, Vorfrüchten, Sortentypen, Einsatz des Pfluges usw. vorgenommen.

Tab. 1: Direktkostenfreie Leistung ausgewählter Mähdruschfrüchte in Referenzbetrieben der LFA MV (Mittelwert der Jahre 2012-2017)

Frucht	WW	WG	WRo	Triti- cale	SG	Hafer	WRa	Fu.- erbse*	Lupine**
€/ha	1.010	708	432	641	735	825	938	614	244

* 2014-2017

** ohne 2014

Statistische Verrechnungen mit gemischten linearen Modellen lassen Rückschlüsse auf eine erfolgreiche Gestaltung der Produktionsverfahren zu, z.B. auf optimale Aussaattermine unter den Bedingungen Mecklenburg-Vorpommerns. Abb. 1 zeigt den optimalen Termin für die Rapsaussaart, der zwischen dem 15. bis 25. August liegt. Weiterhin ist erkennbar, dass realisierte Saattermine nach Vorfrucht Wintergerste besser im Optimalbereich lagen als nach Winterweizen.

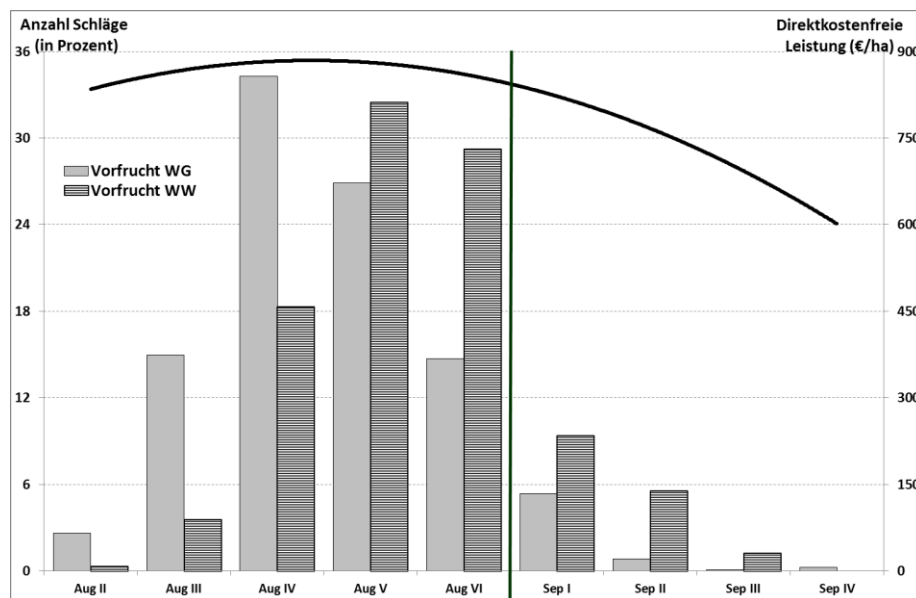


Abb. 1: Wirtschaftlichkeit von Winterraps in Abhängigkeit vom Saattermin und von der Vorfrucht (2005-2014, AZ 45)

Die Mähdruschauswertung stellt eine Kontrollrechnung dar. Auf der Grundlage dieses Datenmaterials werden Produktionsverfahren für Planungsrechnungen erstellt. Ergebnisse aus Versuchen, der Literatur, Händlerbefragen usw. ergänzen die Richtwerte. Die Produktionsverfahren werden anhand des Hauptprodukts, der natürlichen Standortvoraussetzungen, Bewirtschaftungsform, ggf. Vorfrucht, Düngestrategie und Bodenbearbeitung beschrieben (Annen 2018).

Literatur

Annen, Thomas (2017): Erneuerung der Kritik an der Verwendung der Vollkostenrechnung in der Betriebsplanung. In: Berichte über Landwirtschaft - Zeitschrift für Agrarpolitik und Landwirtschaft 95 (2), S. 1–6

Annen, Thomas (2018): Richtwerte als Kontroll- und Planungshilfen ausgewählter Verfahren der Pflanzen und Tierproduktion. Zwischenbericht. Landesforschungsanstalt für Landwirtschaft und Fischerei Mecklenburg-Vorpommern. Gülzow.

Aufbereitung von Fachalgorithmen für Farm Management Systeme - The Good, the Bad and the Ugly

Sebastian Wolfrum¹, Christiane Peter², Norman Siebrecht¹ und Marco Luthardt¹

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/ Technische Universität München, Freising; ²Referat 72 - Pflanzenbau/Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen. E-Mail: sebastian.wolfrum@tum.de

Einleitung

Mit dem Schlagwort „Landwirtschaft 4.0“ hat die „Digitalisierung“ auch die Landwirtschaft erreicht. Im Zuge dessen nutzen immer mehr Landwirte sogenannte „Farm Management Systeme“ für die Organisation und Planung von Maßnahmen auf ihrem Betrieb. Oft werden in diesen Systemen auch weiterführende Auswertungen (z. B. Humusbilanz, Düngplanung usw.) angeboten, die von den Landwirten auch benötigt werden. Für die Integration dieser Auswertungen in Softwaresysteme müssen theoretisch beschriebene Algorithmen für die Softwareentwickler so aufbereitet werden, dass sie in „digitale“ Strukturen überführt werden können. Die Quellen in denen sich wichtige Algorithmen finden, müssen aber oft aufwendig erschlossen, interpretiert und aufbereitet werden. Dieser Beitrag beschreibt die Anforderungen an die Algorithmendefinition, eine systematische Vorgehensweise bei der Aufbereitung, Erfahrungen in einem konkreten Projekt (webbasiertes BESyD) und Lösungsvorschläge für auftretende Herausforderungen. Es werden beispielhaft die Algorithmen der Humusbilanz (VFLUFA 2014), die Düngbedarfsermittlung und Stickstoffbilanzierung nach novellierter Düngeverordnung (BMEL 2017) vorgeschellt.

Material und Methoden

„Digitalisierung“ ergibt sich aus dem Verb „digitalisieren“, also der digitalen Darstellung von Daten und Informationen bzw. im hier vorliegenden Kontext der Umwandlung von analogen in digitale Inhalte. Gesetze, Verordnungen und Richtlinien sowie die dazu gehörenden Parameter müssen in maschinenlesbare und vor allem maschinenbearbeitbare Einzelschritte aufgelöst werden. Dies wird im Rahmen eines modularen Konzeptes für die einzelnen Fachalgorithmen realisiert. Jedes Modul wird in den folgenden vier Schritten umgesetzt:

1. Beschreibung des Grundkonzepts des Moduls
2. Erarbeitung und Präzisierung der Algorithmen und Modellparameter
3. Softwareimplementierung
4. Labor- und Praxistestung

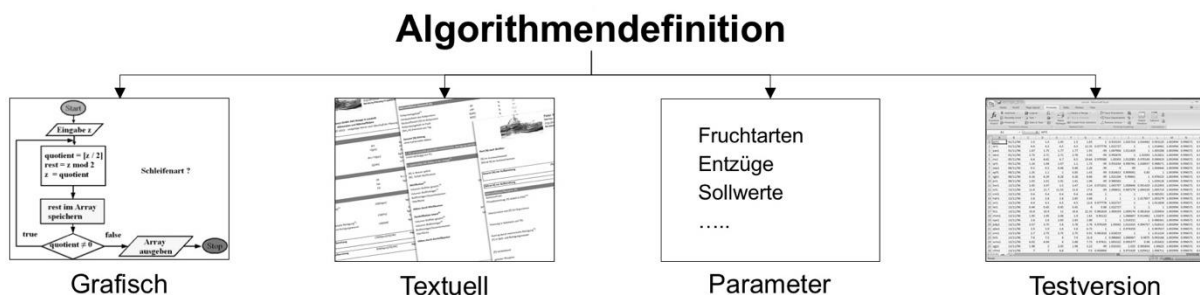


Abb. 1: Arbeitsschritte bei der Erarbeitung und Präzisierung der Algorithmen und Modellparameter.

Abb.1 zeigt die vier Methoden mit denen einzelne Algorithmen im zweiten Arbeitsschritt spezifiziert und parametrisiert werden.

Ergebnisse und Diskussion

Trotz des systematischen Vorgehens erwiesen sich die bisherigen Fachmodule als sehr aufwendig. Hauptgrund dafür ist die mit zunehmender Detaillierung der Ablaufschritte stark wachsende Komplexität der Algorithmen. Richtlinien wie die Humusbilanz sind dabei noch leichter umzusetzen als z. B. Düngebedarfsermittlung und Nährstoffbilanzen nach DüV mit einer Vielzahl an Teilschritten und Parametern.

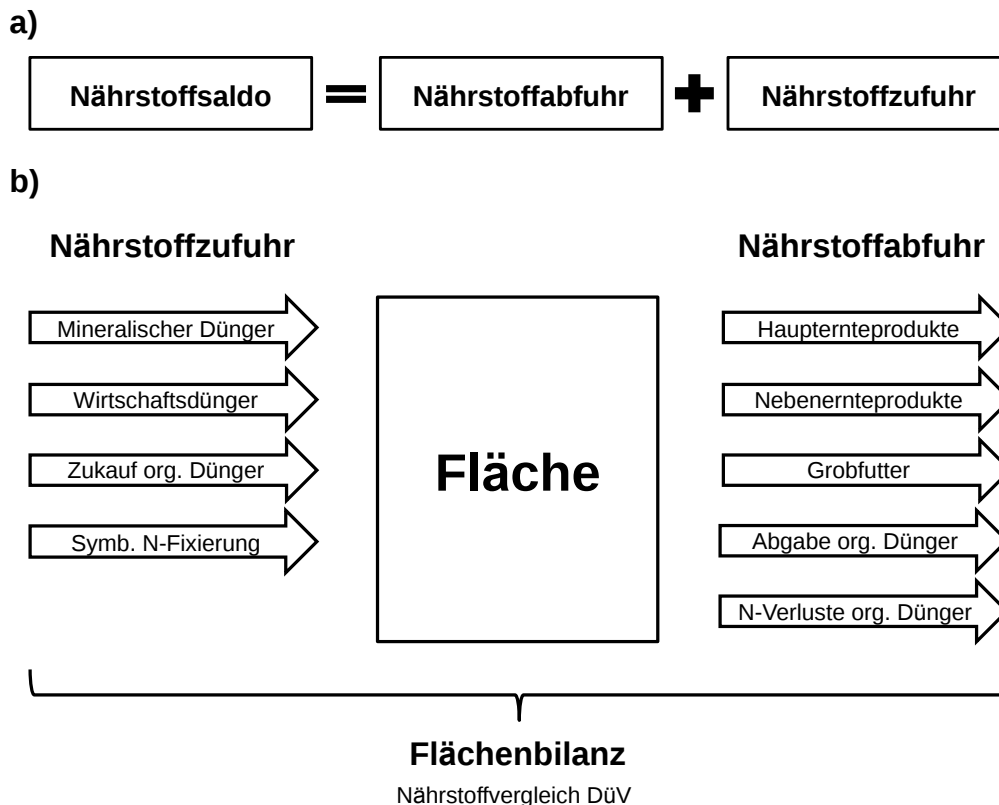


Abb. 2: Wachsende Komplexität bei der konkreten Umsetzung der Algorithmen: a) Grundprinzip Nährstoffsaldo; b) Elemente der N-Flächenbilanz nach DüV.

Es zeigt sich, dass viele Vorgaben durch komplizierte Ausnahmeregelungen oder unklare Zuordnungen der Parameter für einzelne Teilschritte schwer in „digitale“ Strukturen übersetzt werden können. Um die „Digitalisierung“ von Richtlinien in Zukunft zu vereinfachen wäre bei der Ausarbeitung eine frühzeitige Prüfung der Algorithmen und Parametersätze auf die spätere Implementierung wünschenswert.

Literatur

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft BMEL (2017): Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen: Düngeverordnung - DüV.

Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten VDLUFA (2014). Humusbilanzierung: Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland. Speyer.

Entwicklung eines Farm Management Systems als Basis für das Nachhaltigkeitsmanagement

Marco Luthardt¹, Norman Siebrecht¹, Sebastian Wolfrum¹ und Christiane Peter²

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/ Technische Universität München, Freising; ²Referat 72 - Pflanzenbau/Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Nossen. E-Mail: marco.luthardt@tum.de

Einleitung

Seit den 2000ern entwickelt das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft, und Geologie (LfULG) das Düngeempfehlungsmodell BESyD (ehemals BEFU) zur Unterstützung des Nährstoffmanagements sächsischer Betriebe. Bei dem Softwareprodukt handelt es sich um eine MS-Access Datenbank die frei im Internet zum Download bereitsteht. Der Lebenszyklus der Software wird in den nächsten Jahren aufgrund technischer Weiterentwicklungen enden. Deshalb arbeiten die Technische Universität München und das LfULG seit 2016 an einer webbasierten Lösung in Form des „webBESyD“. Dabei soll das Ergebnis als Basis für weitere Entwicklungen zur Unterstützung des Nachhaltigkeitsmanagements dienen. Dieser Beitrag beschreibt die erlangten Erkenntnisse während der bisherigen Entwicklungszeit und gibt einen Überblick über den aktuellen Entwicklungsstand.

Material und Methoden

Die notwendigen Funktionen der neuen Software werden durch das LfULG vorgegeben. Dabei sollen sowohl in webBESyD existierende Methoden und Modelle integriert, als auch neue Funktionen erarbeitet werden. In den Grundfunktionen unterscheidet sich webBESyD in zwei wesentlich Punkten vom aktuellen System. Zum einen ist das neue System als Web-Applikation realisiert, zum anderen können Geo-Daten genutzt werden und es sind GIS-Funktionen integriert. WebBESyD ist modular aufgebaut, sodass eine Erweiterung mit weiteren fachlichen Modellen ermöglicht wird. Als erste Module ist die Düngebedarfsermittlung und der Nährstoffvergleich nach novellierter Düngeverordnung umgesetzt.

Das Entwicklungsprojekt umfasst die Erstellung einer Grundplattform für die Verwaltung der Betriebsdaten, als auch die Umsetzung verschiedener Fachmodule für weitgehende Analysen und Auswertungen. Bei der frühen Planung wurde festgestellt, dass für die Module grundlegende Betriebsmanagementdaten der Nutzer benötigt werden. Für die Erfassung und Verwaltung dieser Daten werden Funktionen benötigt, die in Teilen einer Ackerschlagdatei entsprechen, z.B. die Verwaltung von Anbauflächen und die Angabe der jeweiligen Anbaumaßnahmen. Eine Evaluierung bestehender Lösungen auf dem deutschen bzw. europäischen Markt ergab, dass es sich bei allen System um proprietäre Lösungen handelt. Da aber für die Fachmodule die Betriebsdaten notwendig sind, müssen eigene entsprechende Funktionen für die Datenverwaltung entwickelt werden.

Die Integration von Geo-Daten und GIS-Funktionen sind in der Applikation an sich integriert, als auch über externe Geoserver des LfULG's. Auf den Geoservern werden z.B. Bodendaten bereitgestellt, um die Schläge mit ihren Konturen mit relevanten Informationen zu ergänzen.

Ergebnisse und Diskussion

Die Applikation ist in den Kernbereich für die Datenverwaltung und die fachlichen Module aufgeteilt (Abb.1). Die Module sind unabhängig vom Kernbereich und dieser ist unabhängig von den Modulen. Die Verbindung der Module zur Applikation wird über eigene Integrationskomponenten erreicht, welche an den Kern gebunden sind und die Schnittstelle zu den Modulen bildet.

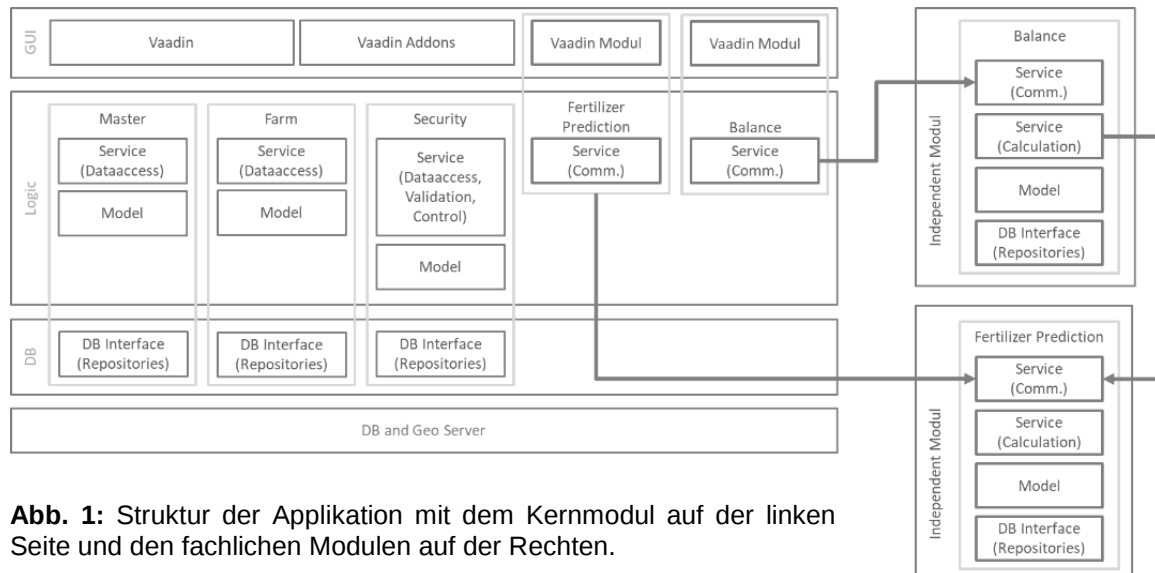


Abb. 1: Struktur der Applikation mit dem Kernmodul auf der linken Seite und den fachlichen Modulen auf der Rechten.

Der Kernbereich der Applikation wird voraussichtlich als Open Source Software veröffentlicht werden. Dadurch soll erreicht werden, dass andere Projekte keine neue Softwarelösung für das Datenmanagement entwickeln müssen. Dies bietet den Vorteil, dass sich künftige Vorhaben und Projekte auf die wesentlichen Entwicklungsarbeiten von Fachmodulen konzentrieren können. Abb. 2 zeigt einen Screenshot der Datenverwaltung der Applikation. Eine Testversion wird ab Anfang 2019 für sächsische Betriebe zur Verfügung stehen.

Schlagausswahl

Filter: ...

Gruppieren ?

Verwaltung Anbauverfahren und Maßnahmen

Menu: Schlage, Verfahren, Maßnahmen

	Details	(Start)Datum	Enddatum	Geplant	Anzahl
✓ Feldstück Schlag 1131 11311					2
✓ Anbauverfahren Zwischenfrucht Leguminose		01.10.2017	01.03.2018		4
✓ Verfahrensschritt Aussaat					1
Ertragsenerwartung 50,0 dt/ha Frischmasse					
Maßnahme Aussaat als Winterzwischenfrucht		01.10.2017			
✓ Verfahrensschritt Organische Düngung					1
✓ Verfahrensschritt Ernte					1
Maßnahme Ernte		01.03.2018			
Ertrag 50,0 dt/ha Nebenprodukt abgefahren %					
✓ Verfahrensschritt Gründüngung					1
✓ Anbauverfahren Zuckerrüben					2
✓ Verfahrensschritt Aussaat					1
Ertragsenerwartung 500,0 dt/ha Frischmasse					
✓ Verfahrensschritt Organische Düngung					1
✓ Feldstück Schlag 1131 11312					2
✓ Anbauverfahren Zwischenfrucht Leguminose		01.10.2017	01.03.2018		4
✓ Verfahrensschritt Aussaat					1
Ertragsenerwartung 50,0 dt/ha Frischmasse					
✓ Verfahrensschritt Organische Düngung					1
✓ Verfahrensschritt Ernte					1
✓ Verfahrensschritt Gründüngung					1
✓ Anbauverfahren Zuckerrüben					2
✓ Verfahrensschritt Aussaat					1
Ertragsenerwartung 500,0 dt/ha Frischmasse					
✓ Verfahrensschritt Organische Düngung					1

Abb. 2: Screenshot der Datenverwaltung der Applikation mit der Schlagausswahl links und der Verwaltung der Managementdaten rechts als Baumstruktur

Charakterisierung der Symptomatik neuartiger Nanovirus-Infektionen in Körnerleguminosen mit Hilfe fernoptischer Methoden

Judith N. Seeger¹, Heiko Ziebell², Khalid Amari², Christiane Then², Thomas Möckel³, Esther Grüner³, Barbara Sturm⁴, Abozar Nasirahmadi⁴, Luna Shrestha⁴, Herwart Böhm⁵ und Helmut Saucke¹

¹Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Witzenhausen; ²Julius Kühn-Institut, Institut für Epidemiologie und Pathogendiagnostik, Braunschweig; ³Universität Kassel, Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen; ⁴Universität Kassel, Fachgebiet Agrartechnik, Witzenhausen; ⁵Thünen-Institut, Institut für Ökologischen Landbau, Trenthorst.
E-Mail: judith.seeger@uni-kassel.de

Einleitung

Das neuartige Nanovirus, *Pea necrotic yellow dwarf virus* (PNYDV), wurde 2009 aus Proben aus Sachsen-Anhalt isoliert und beschrieben (GRIGORAS et al. 2010) und ist somit das erste bekannte Nanovirus in Mitteleuropa. 2016 trat es zum ersten Mal flächendeckend in Deutschland und Österreich auf. Das Virus wird durch Blattläuse, insbesondere die Grüne Erbsenblattlaus (*Acyrtosiphon pisum*), übertragen und befällt verschiedene Leguminosen. Es verursacht sich ausbreitende Infektionsnester im Bestand mit vergilbten, zwergwüchsigen Pflanzen (ZIEBELL 2017). Der Ertragsrückgang eines stark symptomatischen Ackerbohnenbestandes in 2016 wurde auf ca. 10% geschätzt (SAUCKE et al. in Vorber.). 2016 wurden Proben von 460 virussymptomatischer Leguminosen-Pflanzen aus ganz Deutschland untersucht: in über 50% der getesteten Pflanzen wurden Nanoviren nachgewiesen. Die größte Abundanz hatte das *Pea enation mosaic virus* (PEMV), welches oft in Mischinfektion mit Nanoviren vorkam (GAAFAR et al. 2016). In dieser laufenden Studie werden PNYDV-Infektionen in Abgrenzung zu PEMV hinsichtlich Symptomatik und spektralen Reflektionseigenschaften untersucht. Das Fernziel bildet die Entwicklung fernoptischer Methoden zur Diagnostik, Früherkennung und Ertragsabschätzung unter Feldbedingungen.

Material und Methoden

Um die PNYDV-Symptomatik von jener des PEMV abgrenzen zu können, wurden in einem Gewächshausversuch 2017 zunächst beide Viren an rein-, sowie an mischinfizierten Ackerbohnen (*Vicia faba*) und Erbsen (*Pisum sativum*) untersucht. Als Vektor dienten entsprechend infizierte Erbsenblattläuse. Zur Kontrolle wurden Pflanzen mit Blattläusen ohne Virusfracht besetzt. Hier wurden Ertragsparameter erhoben sowie hyperspektrale Aufnahmen einzelner Blättchen latent infizierter Pflanzen erstellt.

2017 und 2018 wurden analog randomisierte Punktinfektions-Versuche in Ackbohnen- und Erbsenbeständen angelegt. 2018 wurden an Ackerbohnen zwei Infektionszeitpunkte an der Standard-Sorte ‚Fuego‘ sowie eine weitere Sorte, ‚Sunrise‘, untersucht. Es wurden die Gemüseerbsen-Sorten ‚Rainer‘ und die PEMV-resistente ‚Ambassador‘ untersucht. Für alle Feldversuche wurden mit Hilfe einer Drohne sowohl RGB- als auch multispektrale Aufnahmen für weiterführende Bildanalysen gesichert. Zur Charakterisierung der spektralen Eigenschaften infizierter Ackerbohnen wurden zusätzlich Hyperspektral-Aufnahmen von Einzelblättchen als Zeitreihe mit 5 Terminen erstellt, um die Latenzphase bis zur Symptomentwicklung bei infizierten Pflanzen im Vergleich zur Kontrolle

herauszuarbeiten. Zur Einschätzung der Ertragsparameter wurden Sprosslänge, Hülsen- und Körnerzahl sowie Trockengewicht (105 °C) erhoben.

Ergebnisse und Diskussion

Erste hyperspektrale Aufnahmen einzelner Blättchen von latent infizierten Ackerbohnen aus dem Gewächshaus wiesen eine reduzierte Reflektion im sichtbaren, vor allem aber im NIR-Bereich auf. Die grundsätzliche Möglichkeit einer frühen, fernoptischen Detektion mittels Multispektralkamera ist somit gegeben. Kornertrag und Tausendkorngewicht (TKG) waren bei PNYDV-infizierten Gewächshauspflanzen, Ackerbohne und Erbse, gegenüber der Kontrolle signifikant reduziert.

Die Infektionsherde im Ackerbohnenexperiment 2017 führten nicht zu Befallsnestern wie im Epidemie-Jahr 2016, was mit den insgesamt schwachem Besiedelungswerten von Leguminosenblattläusen im Bestand in Verbindung gebracht werden kann. Der Kornertrag pro Pflanze war durch PNYDV um 78%, und durch die Mischinfektion (PNYDV & PEMV) um 77% signifikant reduziert. PEMV-infizierte Ackerbohnen lagen mit einem Ertragsrückgang von 35% dazwischen. Das TKG wurde in diesem Punkt-Infektionsversuch nicht signifikant durch die Virose beeinflusst. Der hohe Ertragsrückgang bezieht sich zunächst auf einzelne, früh infizierte Pflanzen. Die flächenbezogene Extrapolation von Ertragsminderungen mittels fernoptischen Methoden ist weiterhin Untersuchungsgegenstand des laufenden Verbundvorhabens.

Danksagung:

Das Projekt wird von BMEL (Eiweißpflanzenstrategie) und der Universität Kassel unterstützt.

Literatur

- Gaafar, Y., S. Grausgruber-Gröger, H. Ziebell, 2016: *Vicia faba*, *V. sativa*, and *Lens culinaris* as new hosts for Pea necrotic yellow dwarf virus in Germany and Austria. New Disease Reports 34, 28.
- Grigoras, I., B. Gronenborn, H. J. Vetten, 2010: First report of a nanovirus disease of pea in Germany. Plant Disease 94, 642.
- Saucke, H., Uteau, D., Brinkmann, K., Ziebell, H. (2019): Symptomatology and yield impact of pea necrotic yellow dwarf virus (PNYDV) in faba bean (*Vicia faba* L. minor). European Journal of Plant Pathology. In Vorber.
- Ziebell, H., 2017: Die Virusepidemie an Leguminosen 2016 – eine Folge des Klimawandels? Journal für Kulturpflanzen 69, 64-6.

Satelliten-gestützte Identifikation von Ackerkulturen für regionale Modellanwendungen

Claas Nendel^{1,2}, Patrick Griffiths^{3,4} und Patrick Hostert^{2,3}

¹Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg; ²Integrative Research Institute on Transformations of Human-Environment Systems (IRI THESys), Humboldt-Universität zu Berlin, ³Institut für Geografie, Humboldt-Universität zu Berlin; ⁴European Commission, Joint Research Centre, Food Security Unit, Ispra, Italien; E-Mail: *nendel@zalf.de*

Einleitung

Mit der jüngsten Zunahme von Qualität und Quantität von hochauflösenden optischen Fernerkundungsdaten werden sich landwirtschaftliche Kartierungsanwendungen stark verbessern. Dabei werden satellitengestützte Analysen zunehmend eine Charakterisierung der Landnutzung als nur der Landbedeckung leisten. Die europäische Sentinel-2 Twin-Plattform-Konstellation bietet eine beispiellose Beobachtungsfrequenz bei hoher Auflösung, neue Spektralbänder und eine verbesserte räumliche Auflösung. Trotzdem kann die Bewölkung eine Beobachtung großer Teile der Vegetationsperiode kompromittieren. Die Integration zusätzlicher Beobachtungen aus anderen Quellen, beispielsweise aus der Landsat-Mission durchgeführt werden, kann die Beobachtungsfrequenz weiter verbessern.

Material und Methoden

Wir haben alle verfügbaren Bilder über einen Zeitraum von 15 Monaten, die vom Sentinel-2a Multispektral Imager (MSI) und Landsat-8 OLI über Deutschland erfasst wurden, verarbeitet und Beobachtungen in Kompositen integriert. Die Daten wurden durch das HLS-Programm (Harmonized Landsat-Sentinel) vorverarbeitet, das eine Subpixel-Co-Registrierung, spektrale Bandpassanpassungen und eine Normalisierung der Bidirektionalität umfasst. Unser Verarbeitungsansatz umfasst die Generierung von Proxy-Werten für Landsat OLI in den roten Sentinel-2 MSI-Edge-Bändern und die zeitliche Lückenfüllung in den 10-Tage-Zeitreihen. Daraus haben wir dann eine nationale Fruchtarten-Karte basierend auf maschinell lernenden Modellen abgeleitet. Diese Modelle wurden unter Verwendung von Referenzdaten des Landparzelleninformationssystems InVeKoS parametrisiert, das für drei Bundesländer zur Verfügung stand. Die Grünlandnutzungsintensität wurde unter Verwendung einer Polynomanpassung an die Vegetationsindexzeitreihe bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Räumliche Muster der Landnutzung werden in der Karte gut wiedergegeben (Abb. 1), die wichtigsten Zentren der Pflanzenproduktion in Deutschland sind gut erkennbar. Die hier charakterisierten Anbauflächen spiegeln die nach Bodenqualitätsbewertung (BGR 2014) ermittelte räumliche Verteilung von hohen bis mittleren landwirtschaftlichen Ertragspotenzialen wider. Die wichtigsten Grünlandflächen sind ebenfalls repräsentiert. Die Gesamtgenauigkeit der Zuordnung wurde mit 81% bewertet. Die Schätzung der kartierten Grünlandfläche ergab insgesamt eine gute Übereinstimmung mit den Flächendaten des Agrarzensus, während für Getreide in einigen Bundesländern mit großen Anbauflächen diese leicht unterschätzt wurde. Die Kombination optischer Fernerkundungsbeobachtungen mit Sensoren mit ähnlichen Beobachtungsmerkmalen kann die Beobachtungsfrequenz verbessern und so die Erfassung der gesamten Phänologie ermöglichen. Optimierte Verarbeitungsalgorithmen ermöglichen eine großflächige Verarbeitung und Kartierung der

Landoberflächendynamik. Im Hinblick auf die Verortung von Fruchtarten können viele Klassen bereits gut mit begrenzten Trainingsdaten detektiert werden. Die Grünlandnutzungsdynamik kann nicht ohne weiteres nur unter Verwendung von Spektraldaten klassifiziert werden. Jedoch erlaubt die Verwendung von phänologischen Profilen hier eine Detektion der landwirtschaftlichen Nutzung, die über die konventionelle Kartierung hinausgeht. Die Karten zur Fruchtartenbelegung und zum Grünland-Management finden Eingang in regionale Simulationen mit Agrarökosystem-Modellen zur Abschätzung von Erträgen oder Emissionen.

Literatur

- BGR (2014). Ackerbauliches Ertragspotential der Böden in Deutschland. Hannover, Germany: Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe.
- Claverie, M., J. Ju, J. Masek, et al. (in Begutachtung). The Harmonized Landsat and Sentinel-2 data set. Remote Sensing of Environment.
- Destatis (2017). Bodennutzung der Betriebe, Agrarstrukturerhebung 2016. Statistisches Bundesamt, Land- und Forstwirtschaft, Fischerei.
- Drusch, M., U. Del Bello, S. Carlier et al. (2012). Sentinel-2: Esa's Optical High-Resolution Mission for Gmes Operational Services. Remote Sensing of Environment 120, 25-36.
- Griffiths, P., C. Nendel, P. Hostert (in Revision). Intra-annual reflectance composites from Sentinel-2 and Landsat for national-scale crop and land cover mapping. Remote Sensing of Environment.
- Griffiths, P., C. Nendel, J. Pickert, P. Hostert (in Begutachtung): Towards a national-scale characterization of grassland use intensity based on integrated Sentinel2 and Landsat time series data. Remote Sensing of Environment.

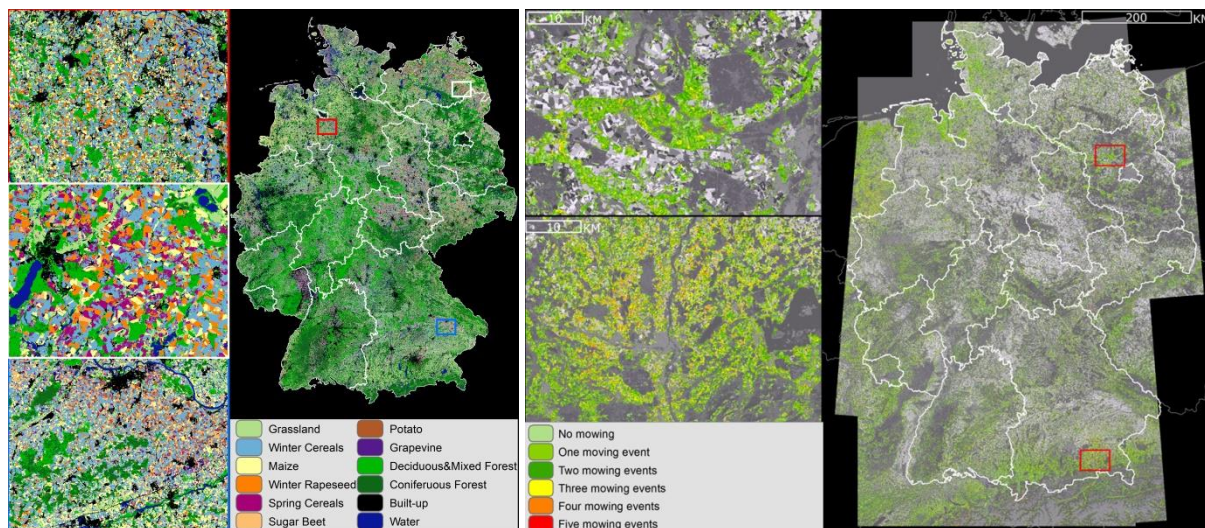


Abb. 1. Fruchtartenkarte für Deutschland für das Jahr 2016 (links) und Anzahl detektierter Grünlandschnitte (rechts).

Danksagung

Diese Forschung wurde finanziert durch das ESA Living Fellowship Program (ESA-Vertragsnummer 4000112795/14 / I-SBo) und die Humboldt-Universität zu Berlin. Wir danken der NASA für die HLS-Daten und für die Aufnahme Deutschlands als eine der Test-Sites. Wir danken den Ländern Brandenburg, Mecklenburg-Vorpommern und Bayern für die Bereitstellung des InVeKoS-Datensatzes 2016. Diese Forschung trägt zum Landsat Science Team und zum Global Land Programme bei.

Biomasseabschätzung im Feldfutterbau mittels drohnengestützten RGB-Aufnahmen

Esther Grüner, Thomas Möckel und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen

E-Mail: *Esther.Gruener@uni-kassel.de*

Einleitung

Die Fernerkundung ist ein nützliches Instrument in den Agrarwissenschaften, um räumliche Informationen über die Pflanzenhöhe und somit eine schnelle sowie einfache Bewertung der oberirdischen Biomasse mit relativ geringen Kosten zu erhalten. Eine neue Methode um auch große Flächen abzudecken ist die Aufnahme von Rot, Grün, Blau (RGB)-Bildern durch eine hochauflösende Digitalkamera, welche an einem kleinen unbemannten Luftfahrzeug (Drohne) angebracht ist. Durch die photogrammetrische Verarbeitung dieser digitalen Bilder in 3D-Punktwolken können räumliche Informationen 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-Bildgebung in heterogenen Futterbaubeständen.

Material und Methoden

Die Messungen wurden in einem Futterbauversuch auf den Versuchsflächen der Universität Kassel in Neu-Eichenberg durchgeführt. Der Versuch wurde im Herbst 2016 mit den Varianten Klee- und Luzernegrass sowie der jeweiligen Leguminosen- und Gräser-Reinsaaten der Mischungen in vierfacher Wiederholung angelegt. Im darauffolgenden Jahr wurden alle zwei Wochen und zu insgesamt vier Ernten (17.05.17, 26.06.17, 08.08.17, 09.10.17) Biomasseproben für die Trockensubstanzbestimmung (105 °C) entnommen. Parallel dazu erfolgten manuelle Höhenmessungen mit einem Zollstock.

RGB-Aufnahmen wurden jeweils zeitnah vor der destruktiven Probenahme mit einer Drohne (DJI Phantom 3 Professional; Shenzhen, Guangdong, China) durchgeführt. Für jeden Flug wurden die Aufnahmen mit 80 % Überlappung in Form eines Gittermusters und in einer Höhe von 10 m aufgenommen.

Mit Hilfe einer Structure-from-Motion (SfM)-basierten Bildverarbeitungssoftware (AgiSoft PhotoScan) wurden aus den RGB-Aufnahmen 3D-Punktwolken für ein digitales Höhenmodell (DSM) generiert. In einem weiteren Schnitt wurde die Software Quantum Geographical Information System (QGIS) verwendet, um die Bestandeshöhe (CSH) zu berechnen. Die Bestandeshöhe der manuellen Höhenmessung (CSH_z) und der drohnengestützten RGB-Aufnahmen (CSH_D) wurden als Schätzmaß für den Biomasseertrag herangezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Ziel dieses Versuchs war die Untersuchung und Bewertung der Beziehung zwischen Biomasseertrag und Höheninformationen aus RGB-Aufnahmen in einem heterogenen Futterbaubestand. Da die Klee- und Luzernegrassbestände in

verschiedenen Wachstumsphasen während der Vegetationszeit untersucht wurden, variierte der Trockenmasseertrag (TME) stark.

Die Regressionsanalyse ergab für CSH_Z sowie CSH_D und dem TME ein Bestimmtheitsmaß (R^2) von 0,64 bzw. 0,70 mit einem Root Mean Square Error (RMSE) von 0,32 bzw. 0,28. Die beiden Messmethoden korrelierten untereinander mit einem R^2 von 0,56 und einem RMSE von 5,47.

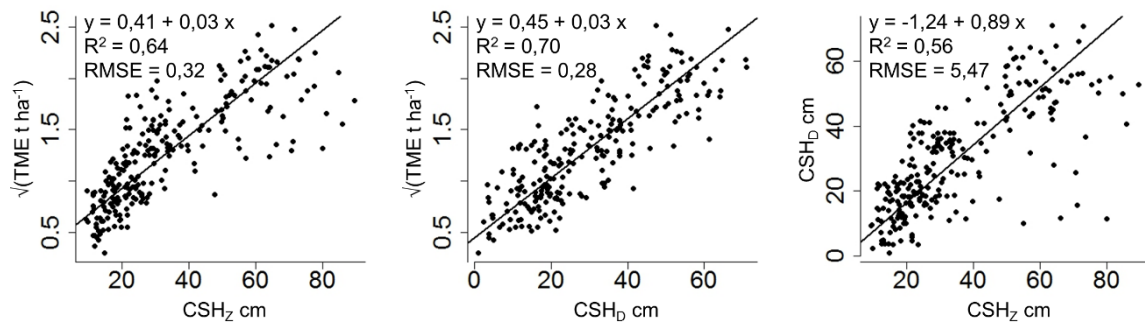


Abb. 1: Lineares Regressionsmodell für Trockenmasseertrag ($\sqrt{TME} \text{ t ha}^{-1}$) und Bestandeshöhe unterschiedlicher Futterbaubestände mittels manueller Messung (CSH_Z cm) und drohnengestützter RGB-Aufnahmen (CSH_D cm) während der Vegetationsperiode (***) = $p < 0,001$).

Malambo et al. (2018) zeigten in einem Feldexperiment mit Mais und Sorghum, dass das Wachstumsstadium der Pflanze die Vorhersagegenauigkeit der SfM-basierten Bestandeshöhe beeinflusst. In der vorliegenden Studie wurde das Wachstum der Klee- und Luzernegrassbestände im Sommer stark von Trockenheit geprägt. Dies führte zu einer verfrühten generativen Phase und folglich zu vielen länglichen Trieben mit sichtbaren Ähren sowie wenigen schmalen Blättern. Wurden die Gräserdaten des zweiten Schnittes ausgeschlossen, zeigte sich eine Verbesserung von CSH_Z und CSH_D gegenüber dem TME mit einem R^2 von 0,71 für beide Methoden und einem RMSE von 0,29 bzw. 0,28 (Daten nicht gezeigt). Da manuelle Höhenmessungen nur für eine begrenzte Anzahl von Punkten im Bestand durchgeführt werden, ist diese Methode empfindlicher gegenüber einzelnen hervorstechenden Trieben. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass drohnengestützte RGB-Aufnahmen aufgrund des Flächenbezugs und der Position der Kamera weniger anfällig für Ausreißer sind.

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. DOI: 10.3390/rs61110395.
- Malambo, L.; Popescu, S. C.; Murray, S. C.; Putman, E.; Pugh, N. A.; Horne, D. W. et al. (2018): Multitemporal field-based plant height estimation using 3D point clouds generated from small unmanned aerial systems high-resolution imagery. In: International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation 64, S. 31–42. DOI: 10.1016/j.jag.2017.08.014.
- 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 Imagery. In: Remote Sensing 8 (9), S. 706. DOI: 10.3390/rs8090

Methoden zur lasergestützten Abschätzung extensiver Grünlandbestände

Damian Schulze-Brüninghoff, Frank Hensgen, Thomas Möckel und Michael Wachendorf

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

Einleitung

In Grünlandökosystemen fand die lasergestützte Ertragsabschätzung bisher wenig Aufmerksamkeit (Wachendorf, Fricke, & Möckel, 2017). Deshalb ist die Abschätzung extensiver Grünlandbestände, bis auf wenige Ausnahmen (z. B. Wijesingha et al. (submitted)) mittels eines terrestrischen Laserscanners (TLS) kaum erforscht. Der Einsatz fernerkundlicher Methoden zur Erfassung qualitativer und quantitativer Parameter von extensiven Grünlandbeständen kann jedoch zur Überwachung und zum Erhalt schützenswerter Ökosysteme beitragen (Rogers et al. 2015; Scurlock & Hall, 1998), welche wiederum Ökosystemdienstleistungen bereitstellen können (Bullock et al. 2011)

Material und Methoden

Die Versuchsflächen befanden sich im „UNESCO Biosphärenreservat Rhön“ und wurden zu drei Terminen im Jahr mittels eines terrestrischen Laserscanners (Leica P30) gemessen. Vier Methoden zur Biomassebestimmung aus dreidimensionalen Punktwolken wurden auf die Datensätze angewendet: Die Methode der Vegetationshöhe, der Summe der Voxel, der mittleren 3d-Raster-Höhe und das Volumen der konvexen Hülle. Die Methoden wurden teilweise modifiziert in Bezug auf einzelne funktionale Parameter um die Modellstabilität und Modellstärke zu optimieren. Die Methoden wurden verglichen hinsichtlich der Kalkulationsdauer und der Anzahl an Scans, die in jede Punktwolke einfließen.

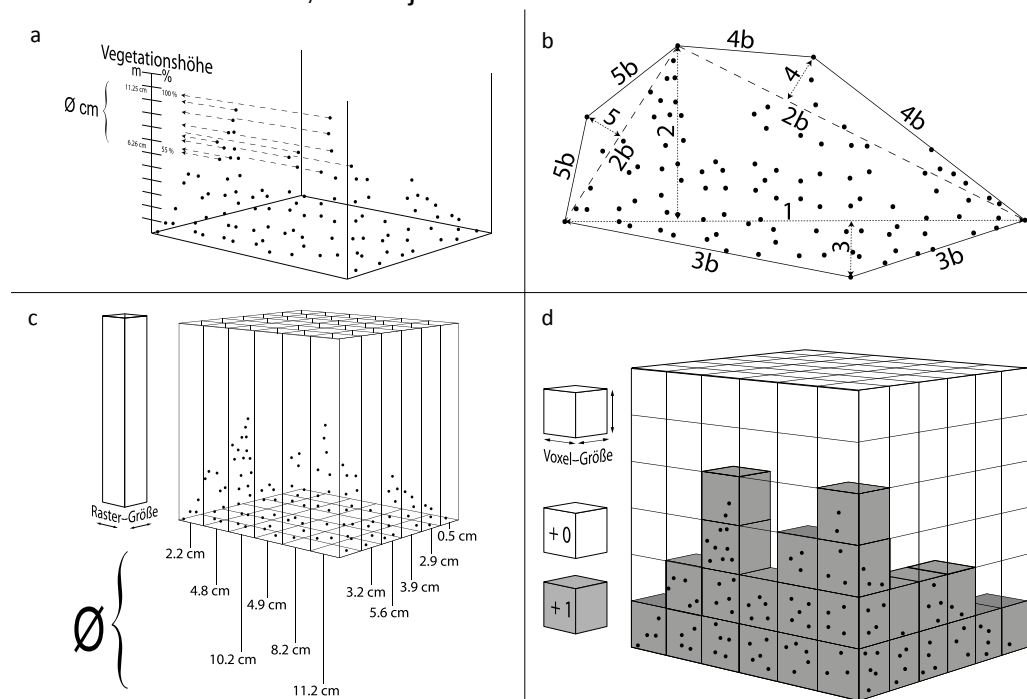


Abb. 1: Schematische Darstellung der vier methodischen Ansätze: (a) Vegetationshöhe, (b) Volumen der konvexen Hülle, (c) mittlere 3d-Raster-Höhe und (d) Summe der Voxel.

Ergebnisse und Diskussion

Generell fielen die Modelle der Variablen für Frischmasseertrag besser aus als jene für Trockenbiomasse (Abb. 2). Das Modell der Vegetationshöhe zeigte die höchste Stabilität hinsichtlich der Modellstärke und eine niedrige Kalkulationsdauer. Als Optimum wurde eine Anzahl von zwei Scans je Punktwolke identifiziert ($R^2=0,73$, $SE=0,13$).

Weiterführend könnte eine Fusionierung des beschriebenen Lasersystems mit zusätzlichen hyperspektralen Sensoren eine Differenzierung der Arten innerhalb des Grünlandbestandes ermöglichen. Der zusätzliche Einsatz von mobilen Laserscannern (MLS) könnte die räumlichen Dimensionen der Untersuchungsflächen erweitern.

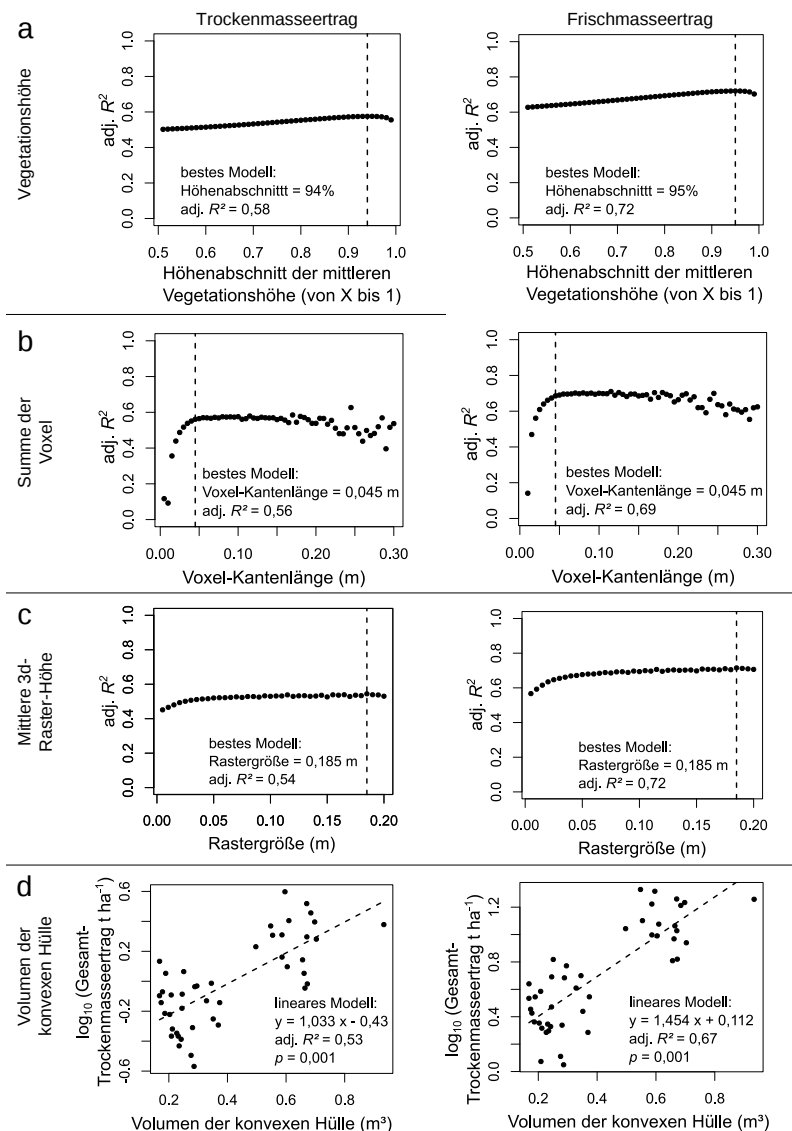


Abb. 2: Genauigkeit (adj. R^2) der linearen Modelle für Trockenmasseertrag (Links) und Frischmasseertrag (Rechts) für (a) Vegetationshöhe, (b) Summe der Voxel, (c) mittlere 3d-Raster-Höhe in Abhängigkeit der Veränderung eines funktionalen Parameters

Literatur

- Bullock, James M; Jefferson, Richard G.; Blackstock, Tim H.; Pakeman, R. J. ., Emmett, Bridget A.; Pywell, R. J. ., Grime, J. P., & Silvertown, J. (2011). Semi-natural grasslands. *Technical Report: The UK National Ecosystem Assessment*, pp162-195.
- Rogers, J. N., Parrish, C. E., Ward, L. G., & Burdick, D. M. (2015). Evaluation of field-measured vertical obscuration and full waveform lidar to assess salt marsh vegetation biophysical parameters. *Remote Sensing of Environment*, 156, 264–275. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2014.09.035>
- Scurlock, J. M. O., & Hall, D. O. (1998). The global carbon sink: a grassland perspective. *Global Change Biology*, 4(2), 229–233. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2486.1998.00151.x>
- 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*, (April), 1–14. <https://doi.org/10.1111/gfs.12312>
- Wijesingha, J., Moeckel, T., Hensgen, F., & Wachendorf, M. (n.d.). Evaluation of 3D point cloud-based models for the prediction of grassland biomass. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*.

Spektrometrische Messungen in Zuckerrüben

Jorita Krieger und Frank Ellmer

Humboldt-Universität zu Berlin, Albrecht Daniel Thaer-Institut für Agrar- und Gartenbauwissenschaften, Berlin. E-Mail: jorita.krieger@agrar.hu-berlin.de

Einleitung

Wachstums- und Entwicklungsvorgänge landwirtschaftlicher Kulturpflanzen können vegetationsbegleitend beschrieben werden, sobald der entsprechende Bestandesparameter nicht-destruktiv erfassbar ist. Bei der Zuckerrübe sind ein frühzeitiger Bestandesschluss sowie ein leistungsfähiger Blattapparat wichtige Voraussetzungen, um den Wachstumsfaktor Licht optimal auszunutzen (Stevens et al., 1983) und somit effizient hohe Erträge zu erwirtschaften. Frühzeitige Informationen über den Einfluss agrotechnischer Maßnahmen oder genotypischer Effekte auf die Förderung der Jugendentwicklung und die Ertragsbildung sind vorteilhaft, um das Ertragspotential dieser Kulturpflanze besser auszuschöpfen. Hierbei ist u. a. der Blattflächenindex (BFI) ein entscheidender Bestandesparameter. In mehrjährigen Feldversuchen in der Region Berlin-Brandenburg wurde die Eignung spektrometrischer Messverfahren untersucht, um verschiedene Bestandesparameter aus der Reflexion von Zuckerrüben abzuleiten.

Material und Methoden

In Feldversuchen mit Zuckerrüben auf lehmigem Sand (Standort Berlin-Dahlem, 2008 – 2010, Blockanlage, Prüffaktoren: Sorte, N-Düngung, Blattdüngung) bzw. auf schwach schluffigem Sand (Standort Thyrow, 2011 – 2013, Spaltanlage, Prüffaktoren: Sorte, N-Düngung, Erntetermin) (Tab. 1) wurde von Mai bis Oktober wöchentlich die Bestandesreflexion mit einem tragbaren Spektrometer (tec5 HandySpec Field, Wellenlängenbereich: 350 – 950 nm) erfasst. Parallel dazu wurden Referenzmessungen mit dem LI-COR[®] LAI-2000 durchgeführt, um den Blattflächenindex zu messen. In den Jahren 2011 bis 2013 wurde zusätzlich der Blatt-Trockenmasse-Ertrag in mehreren Teilernten destruktiv erhoben und die Blattfläche mit dem LI-COR[®] LAI-3100 gemessen. Aus beiden Parametern erfolgte die Berechnung des BFI nach Röver (1995). Ziel der Untersuchungen war es, das Spektrometer, über die Erstellung von Kalibrationsfunktionen, für verschiedene Bestandesparameter, wie z. B. den BFI, oder den Blattertrag zu kalibrieren. Die Berechnungen wurden mit der Statistiksoftware R, Version 3.3.1 durchgeführt. Aus den Spektralwerten wurden Vegetationsindices berechnet und deren Eignung zur Abschätzung der Bestandesparameter geprüft. Die verwendeten Indices stammten aus der Fernerkundung, wie der Normalized Difference Vegetation Index ($NDVI = (NIR - RED)/(NIR + RED)$; nach Bausch (1993)) und der Soil Adjusted Vegetation Index ($SAVI = (NIR - RED)/(NIR + RED + L) * (1 + L)$, $L = 0,5$; nach Huete (1988)) bzw. wurden neu gebildet (z. B. Simple Ratio-Form, $SR = \lambda_1 / \lambda_2$; nach Müller et al., (2008)).

Tab. 1: Bodentextur (Gew. %) des Oberbodens, Jahresniederschlagshöhe (NS, mm) und -durchschnittstemperatur (T, °C)

Standort	Körnungsart			Klima (lJM 1981 – 2010)	
	Sand	Schluff	Ton	NS	T
Berlin-Dahlem	72,1	25,0	2,9	562	9,9
Thyrow	83,1	14,2	2,7	510	9,2

Legende: lJM = langjähriges Mittel

Ergebnisse und Diskussion

Im Ergebnis konnten bei den Merkmalen Blattflächenindex und Blattertrag aussichtsreiche Wellenbandkombinationen abgeleitet werden. Die besten Ergebnisse wurden i. d. R. mit neu gebildeten Indizes erreicht. Wie in Abb.1 für den Blatt-TM-Ertrag dargestellt, nimmt die Streuung bei NDVI und SAVI mit steigendem Ertragsniveau zu.

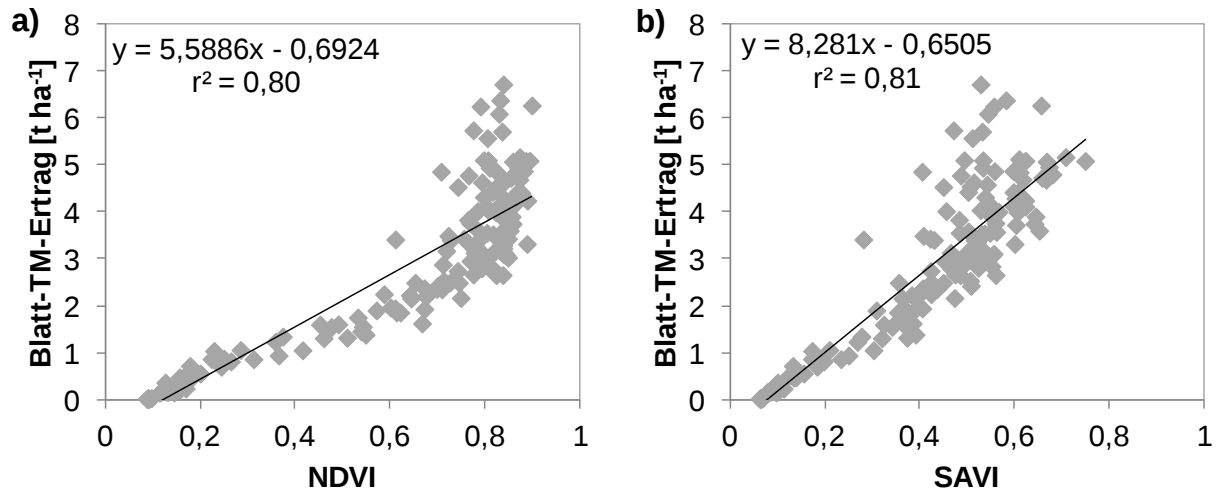


Abb. 1: Zusammenhang zwischen a) NDVI bzw. b) SAVI und Blatt-Trockenmasseertrag bei Zuckerrüben, Thyrow, 2012 bis 2013

Der BFI wurde, im Gegensatz zum Red Edge Inflection Point (REIP, nach Guyot et al., 1988), vom NDVI, wie auch von den neu gebildeten Indices (bzw. SR 760/740) gut abgebildet und r²-Werte > 0,8 erreicht. Das Niveau des BFI ging in keinem Jahr über den optimalen Bereich für eine effiziente Lichtausnutzung zwischen 3 und 4 (Röver, 1995) hinaus. Demzufolge scheint die Beschreibung des BFI über die gesamte Vegetationsperiode der Zuckerrüben, bei der moderaten Blatentwicklung dieser Bestände auf Sandboden, möglich zu sein.

Literatur

- Bausch, W. C. (1993): "Soil background effects on reflectance-based crop coefficients for corn." *Remote Sens. Environ* 46: 213 – 222
- Guyot G., Baret F., Major D. J. (1988): "High spectral resolution: Determination of spectral shifts between the red and the near infrared." *International Archives of Photogrammetry and Remote Sensing* 11: 750 – 760.
- Huete A. R. (1988): "A soil adjusted vegetation index (SAVI)." *Remote Sensing of Environment* 25: 295 – 309.
- Müller K., Böttcher U., Meyer-Schatz F., Kage H. (2008): "Analysis of vegetation indices derived from hyperspectral reflection measurements for estimating crop canopy parameters of oilseed rape (*Brassica napus* L.)." *Biosystems Engineering* 101: 172 – 182
- Röver, A. (1995): *Ertragsbildung bei Zuckerrüben in Abhängigkeit von Blattfläche und intraspezifischer Konkurrenz*, Universität Göttingen, Cuvillier Verlag, Göttingen
- Steven, M. D., P. V. Biscoe und K. W. Jaggard (1983): "Estimation of sugar beet productivity from reflection in the red and infrared spectral bands." *International Journal of Remote Sensing* 4(2): 325 – 334

Phänotypisierung von Winterraps mithilfe eines mobilen, bodengestützten Hyperspektralsystems

Heike Gerighausen, Jorita Krieger und Holger Lilienthal

Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Julius Kühn-Institut, Braunschweig.

E-Mail: heike.gerighausen@julius-kuehn.de

Einleitung

Raps stellt als Lieferant von Speiseöl, Futtermittel sowie Biokraftstoff eine wirtschaftlich bedeutende Nutzpflanze in Deutschland dar. Mit einem Flächenanteil von 11.2% steht Winterraps auf Platz drei der Feldfrüchte in Deutschland (Statistisches Bundesamt, 2017). Ein kontinuierlicher Fortschritt in der Züchtung ertragsreicher Rapsorten mit hoher Ertragsstabilität kommt somit insbesondere unter den sich ändernden Klima- und Umweltbedingungen verstärkt Bedeutung zu. Während in den vergangenen Jahren große Fortschritte bei der Genotypisierung erzielt wurden, stellt die Feldphänotypisierung die Züchtungsforschung immer noch vor große Herausforderungen (Furbank & Tester, 2011). Neue, sensorgestützte Verfahren bieten jedoch unter Umständen effiziente und objektive Alternativen zu konventionellen, arbeits- und zeitintensiven Selektionsmethoden im Züchtungsprozess (Li et al., 2014). Vor diesem Hintergrund wurde am Julius Kühn-Institut (JKI) ein mobiles, bodengestütztes Hyperspektralsystem entwickelt, welches in der Praxis in enger Zusammenarbeit mit Züchtern zur Phänotypisierung von Rapsbeständen in großen Zuchtanlagen getestet wurde.

Material und Methoden

Das PentaSpek-System besteht aus fünf STS-VIS Spektrometern (Ocean Optics, Inc.), die auf einem Geräteträger in ca. 2 m Höhe an einem Traktor montiert sind. Vier Spektrometer sind nach unten gerichtet und messen die Reflexion des Bestandes. Ein weiteres Spektrometer ist nach oben gerichtet und dient der Aufzeichnung und zeitsynchronen Korrektur der einfallenden Strahlung. Das System wurde an drei Standorten in den Jahren 2015 bis 2017 eingesetzt, wo die verschiedenen Zuchtgärten in ein- bis zweiwöchentlichem Rhythmus mit dem System mit einer Fahrgeschwindigkeit von 1km/h befahren wurden.

Auf den Versuchsflächen des JKI in Braunschweig wurden mit einem SVC HR1024i Feldspektrometer (Spectra Vista Corporation) Messungen an Rapsbeständen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien (BBCH 13-80) vorgenommen. Die Messungen erfolgten auf einer Fläche von 50cm x 50cm. Für dieses Areal wurden zusätzlich der Blattflächenindex (BFI) mit dem LAI-2200C (LI-COR, Inc), die Höhe des Bestandes und das BBCH-Stadium ermittelt wurde. Im Anschluss wurde die oberirdische Biomasse zur Bestimmung der Frisch- und Trockenmasse (FM, TM) geerntet. Auf dieser Basis wurden mithilfe einer Partial Least Squares Regression (PLSR) Modelle zur Ableitung der Bestandsparameter aus Hyperspektralmessungen vor und nach dem Winter generiert (Tab. 1) und auf die PentaSpek-Daten angewendet.

Ergebnisse und Diskussion

Die PLSR-Modelle zur Schätzung der drei Bestandsparameter (BFI, FM, TM) vor dem Winter weisen Bestimmtheitsmaße (R^2) zwischen 0.47 und 0.76. Für die Schätzung nach dem Winter beträgt das R^2 zwischen 0.61 und 0.73 (Tab. 1). Der

RPIQ, eine wertebereichsunabhängige und dimensionslose Maßzahl zur Bewertung der Modellgüte, ist für alle drei Parameter für die Modelle „nach Winter“ größer als für die Modelle „vor Winter“. Besonders groß ist die Differenz beim BFI. Die Modelle „vor Winter“ weisen demnach im Vergleich zu den Modellen „nach Winter“ eine geringere Modellgüte auf. Mögliche Ursachen hierfür sind der geringere Wertebereich, ein niedriger Sonnenstand in Verbindung mit einem hohen Schattenanteil und der Einfluss offenen Bodens auf das Reflexionsspektrum vor allem in den frühen Wachstumsstadien bis zum Bestandsschluss.

Tab. 1: Fehlerkennwerte der PLSR-Modelle zur Schätzung des Blattflächenindex (BFI), der frischen Biomasse (FM) und der trockenen Biomasse (TM) vor und nach dem Winter.

	vor Winter (Okt. – Nov.)						nach Winter (März – Juli)					
	N	A	nF	R ² _{cv}	RMSE _{cv}	RPIQ	N	A	nF	R ² _{cv}	RMSE _{cv}	RPIQ
BFI [m ² m ⁻²]	90	6	3	0.47	0.60	1.24	107	3	7	0.73	0.92	2.29
FM [t ha ⁻¹]	91	1	2	0.70	3.10	2.15	78	2	7	0.61	20.51	2.24
TM [t ha ⁻¹]	90	2	2	0.76	0.42	2.42	77	3	8	0.69	3.92	2.78

N: Stichprobenumfang, A: Anzahl Ausreißer, nF: Anzahl PLSR-Faktoren, cv: Kreuzvalidation, RMSE: Root Mean Squared Error, RPIQ: Ratio of Performance to InterQuartile Distance (Bellon-Maurel et al., 2010).

Durch Anwendung der PLSR-Modelle auf die PentaSpek-Daten konnten BFI und FM der Rapsbestände in den Zuchtgärten in unterschiedlichen Wachstumsphasen erfolgreich charakterisiert werden (Abb. 2). Bei gleichmäßiger Einstrahlung (Bewölkung oder Sonne) weist das PentaSpek-System eine gute Wiederholpräzision auf. Systemtests zeigen, dass die Variation der Messwerte im Mittel unter 5% liegt. Bei stark wechselnden Beleuchtungsverhältnissen verdoppelt sich jedoch der Fehler. Unter diesen Umständen ist eine Neukalibration erforderlich.

Aufbauend auf den bisherigen Arbeiten finden derzeit Untersuchungen zur Erweiterung des Merkmalspektrums zur Charakterisierung der Bestände im Zuchtprozess sowie zur parzellenscharfen Validierung der abgeleiteten Parameter statt.

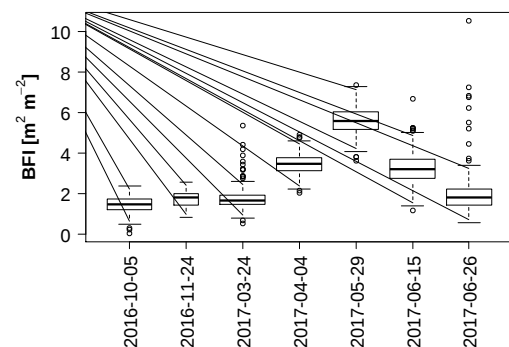


Abb. 2: Entwicklung des Blattflächenindex (BFI) im Zuchtgarten in Asendorf, abgeleitet aus PentaSpek-Daten. Boxplots über alle 372 Parzellen.

Literatur

- Bellon-Maurel, V., Fernandez-Ahumada, E., Palagos, B., et al. (2010). Critical review of chemometric indicators commonly used for assessing the quality of the prediction of soil attributes by NIR spectroscopy. *Trends Analyt. Chem.*, 29(9), 1073–1081.
- Furbank, R.T., Tester, M. (2011). Phenomics – technologies to relieve the phenotyping bottleneck. *Trends Plant Sci.*, 16 (12), 635-644.
- Li, L., Zhang, Q., Huang, D. (2014). A review of imaging techniques for plant phenotyping. *Sensors*, 14, 20078-20111.
- Statistisches Bundesamt (2017). Statistisches Jahrbuch.

Die Autoren danken dem BMBF für die Förderung des Projektes PROGRess im Rahmen der BMBF Förderinitiative "eBio - Innovationswettbewerb Systembiologie" (Förderkennzeichen: 031A297H).

Ertrags- und Produktivitätsentwicklung von Winterweizen in Deutschland zwischen 1958 und 2014 - Eine Meta-Analyse

E. Bönecke¹, L. Breitsameter¹, N. Brüggemann², T.W. Chen¹, T. Feike³, H. Kage⁴, K.-C. Kersebaum⁵ und H. Stützel¹

¹Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover (LUH), Hannover;

²Pflanzen-Boden-Atmosphären-Austauschprozesse, Forschungszentrum Jülich IBG-3, Jülich; ³Institut für Strategien und Folgenabschätzung, Julius Kühn-Institut, Kleinmachnow; ⁴Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, Kiel; ⁵Forschungsplattform „Modelle & Simulation“, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V., Müncheberg, E-Mail: boenecke@gem.uni-hannover.de

Einleitung

In den letzten 60 Jahren ist es auch in Deutschland zu auffälligen Klimaveränderungen gekommen. Vor allem steigende Temperaturen oder die Zunahme von Extremereignissen, insbesondere Starkniederschlagsereignissen während der Sommermonate, wurden dabei beobachtet. Einige Studien beschäftigten sich deshalb mit dem Einfluss von Klimaveränderungen auf die Ertragsbildung von Winterweizen, unter anderem auch für den hochertragsstandort Deutschland (Brisson et al. 2010; Grassini et al. 2013).

Material und Methoden

Um den Klimaeinfluss für die in Deutschland zu beobachtende Ertragsstagnation von Winterweizen jedoch genauer zu erforschen, wurden für diese Meta-Studie sowohl historische Ertrags- und Phänologiedaten als auch klimatische Parameter zusammen getragen und deren Veränderungen innerhalb der Wachstumsstadien ausgewertet. Durch Auftrennung der genetischen und nicht-genetischen Einflüsse, wurden außerdem untersucht, welchen Einfluss regional, zeitlich und züchterisch unterschiedliche Einflussgrößen auf die Ertragsvariation haben.

Ergebnisse und Diskussion

Ein Großteil der zu erklärenden Varianz kann durch den Klimawandel innerhalb der Schoss- und der generativen Phase erklärt werden. So hatte die ansteigende Mitteltemperatur der generativen Phase, besonders auf Standorten mit relativ schlechter Bodenqualität, einen negativen Einfluss auf die Ertragsbildung während des Untersuchungszeitraumes. Außerdem wurde eine Verlängerung der Schossphase seit Anfang der 60er bis in die Mitte der 1980er Jahre um nahezu zwei Wochen beobachtet. Dies, der erhöhte Einsatz von Stickstoffdüngung bis zum Ende der 1990er Jahre als auch eine Zunahme der Sonnenscheinstunden, wirkten offensichtlich positiv auf die Ertragsentwicklung.

Literatur

Brisson, N.; Gate, P.; Gouache, D.; Charmet, G.; Oury, F.-X.; Huard, F. (2010): Why are wheat yields stagnating in Europe? A comprehensive data analysis for France. In *Field Crops Research* 119 (1), pp. 201–212. DOI: 10.1016/j.fcr.2010.07.012.

Grassini, P.; Eskridge, K. M.; Cassman, K. G. (2013): Distinguishing between yield advances and yield plateaus in historical crop production trends. In *Nature communications* 4, p. 2918. DOI: 10.1038/ncomms3918.

Zuchtfortschritt in Winterweizen – Unterschiede zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung und zwischen verschiedenen Anbaugebieten in Deutschland

Samuel Knapp und J. Peter Baresel

Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, Freising.
E-Mail: samuel.knapp@tum.de

Einleitung

Pflanzenzüchtung trägt wesentlich zur Ertrags- und somit Effizienzsteigerung des Pflanzenbaus bei. Für Winterweizen in Deutschland unter konventioneller Bewirtschaftung fanden bisherige Untersuchungen einen Zuchtfortschritt zwischen 0.25 und 0.8 dt/ha pro Jahr (Ahlemeyer and Friedt, 2012; Laidig et al., 2014).

Eine wichtige Frage bezüglich des Zuchtfortschrittes ist, ob dieser von der Bewirtschaftungsintensität und den Umweltbedingungen abhängt; also, ob eher intensivere oder extensivere Bewirtschaftungssysteme stärker von der Züchtung profitieren.

An den Ertragsdaten aus den ökologischen und konventionellen Landessortenversuchen wurde deshalb untersucht, ob sich der gemessene Zuchtfortschritt zwischen konventioneller und ökologischer Bewirtschaftung unterscheidet. Zusätzlich wurde untersucht, ob sich der Zuchtfortschritt zwischen den Anbaugebieten in Deutschland unterscheidet.

Material und Methoden

Aus öffentlich verfügbaren Berichtsheften der Jahre 2001 bis 2017 wurden die Erträge extrahiert und mit einem gemischten Modell analysiert, bei dem durch eine Regression auf das Zulassungsjahr der genetische Fortschritt (Zuchtfortschritt) vom nicht-genetischen Fortschritt (agronomisch und klimabedingt), welcher durch eine Regression auf das Prüffahr, getrennt werden kann (Laidig et al., 2014). Zur Gebietseinteilung nach Anbaugebieten wurde die Einteilung des JKI verwendet. Zur weiteren Untersuchung wurde innerhalb jedes einzelnen Versuchs der Zuchtfortschritt geschätzt, gemessen als einfache lineare Regression über das Zulassungsjahr. Für die Analyse wurden nur Sorten verwendet, die mindestens 3 Jahre geprüft wurden. Aus den konventionellen wurde für diese Untersuchung nur die hohe Intensität mit Fungizid- und Wachstumsreglerbehandlung verwendet, da die niedrige Intensität nicht konstant über die Jahre und zwischen den Bundesländern ist.

Ergebnisse und Diskussion

Insgesamt umfasst die Datenbasis ca. 2400 Versuche (konventionell und ökologisch), was ca. 140 Versuche pro Jahr entspricht. Das mittlere Ertragsniveau der konventionellen Versuche betrug 95 dt/ha und unter ökologischer Bewirtschaftung 50 dt/ha.

Mit der Methode des gemischten Modells wurde der genetische Zuchtfortschritts über alle Sortenklassen in den konventionellen Versuchen auf 0.42 dt/ha pro Jahr ($P < 0.001$, t-test) geschätzt. Dieser Schätzwert entspricht bisherigen Schätzungen (Ahlemeyer and Friedt, 2012; Laidig et al., 2014). Für die Versuche unter ökologischer Bewirtschaftung und mit gleichem Modell untersucht, betrug dieser Schätzer 0.05 dt/ha pro Jahr und war nicht signifikant ($P > 0.05$) von 0 verschieden.

Da in den ökologischen Versuchen zum größten Teil E-Weizen geprüft wurden, und um somit einen „fairen“ Vergleich zu erlauben, wurde die Analyse mit nur E-Weizen wiederholt. Während sich für die konventionellen Versuche ein minimal kleiner Schätzer ergab (0.40 dt/ha/ Jahr, $P < 0.001$), war der Zuchtfortschritt für ökologische Bewirtschaftung wieder nicht von 0 verschieden (0.05 dt/ha/Jahr, $P > 0.05$).

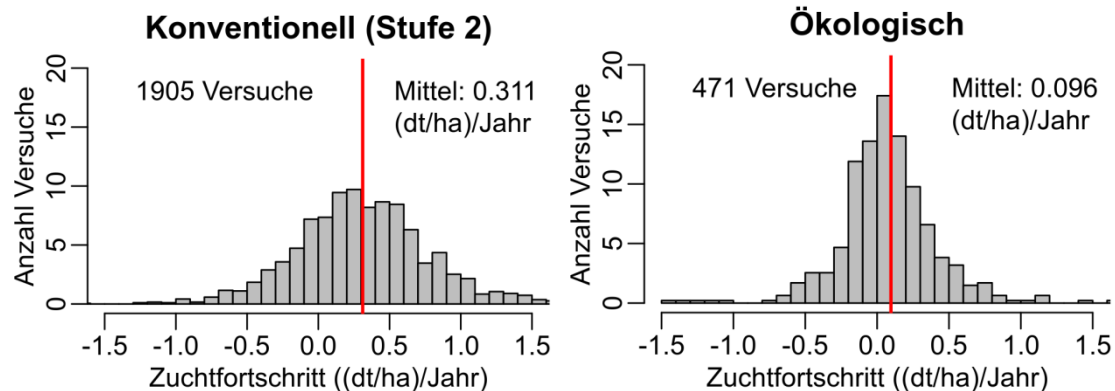


Abb. 1: Histogramme für die Verteilung des geschätzten Zuchtfortschritts in einzelnen Versuchen.

Für die Auswertung der Einzelversuche wurde für jeden Versuch ein Schätzwert für den Zuchtfortschritt berechnet und als Histogramm dargestellt (Abb. 1). Während sich für die konventionellen Versuche eine eher breitere Verteilung mit einem Mittelwert von 0.31 dt/ha pro Jahr zeigte, war diese Verteilung bei den ökologischen Versuchen enger und hatte einen Mittelwert von 0.096 dt/ha pro Jahr.

Eine mögliche Annahme, dass ökologische Bewirtschaftung besonders vom Zuchtfortschritt durch verbesserte Resistenz und Stickstoffeffizienz profitiert, kann nicht bestätigt werden. Eine mögliche Erklärung für den nicht erkennbaren Zuchtfortschritt unter ökologischer Bewirtschaftung ist die Ertragslimitierung durch verfügbaren Stickstoff. Dieses Argument wird bestärkt, dass sich in den ökologischen Versuchen mit Leguminosen-Vorfrucht (hauptsächlich Klee gras) im Mittel eine größerer Zuchtfortschritt zeigt als bei Nicht-Leguminosen Vorfrucht (0.1 vs 0.02 dt/ha pro Jahr).

Bei der Auswertung pro Anbaugesbiet war in allen Anbaugesbieten wiederum der geschätzte Zuchtfortschritt in ökologischen Versuchen nicht signifikant von 0 verschieden. Bei den konventionellen Versuchen wurde für die Anbaugesbiete der Sand- und Lehmstandorte Nordwestdeutschlands und um Hannover der höchste Zuchtfortschritt von durchschnittlich 0.65 dt/ha pro Jahr geschätzt. Ein Zusammenhang zwischen dem Ertragsniveau der Anbaugesbiete und dem geschätzten Zuchtfortschritt lässt sich nicht feststellen. Möglicherweise sind hierfür frühere Saattermine in Kombination mit höherem Krankheitsdruck verantwortlich.

Literatur

- Ahlemeyer, J., and W. Friedt. 2012. Winterweizenerträge in Deutschland stabil auf hohem Niveau-Welchen Einfluss hat der Züchtungsfortschritt. *Getreidemagazin* 17(6): 38–41.
- Laidig, F., H.-P. Piepho, T. Drobek, and U. Meyer. 2014. Genetic and non-genetic long-term trends of 12 different crops in German official variety performance trials and on-farm yield trends. *Theor Appl Genet* 127(12): 2599–2617

Die Bedeutung von Strahlungsaufnahme- und Strahlungsnutzungseffizienz für den Zuchtfortschritt von Winterweizen

Till Rose, Sabrina Nagler und Henning Kage

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

Einleitung

Nach mindestens einem halben Jahrhundert stetig steigender Winterweizenerträge ist dieser Prozess in vielen der wichtigsten Produktionsländer ins Stocken geraten. Deshalb hat es sich das Forschungsprojekt BRIWECS (Breeding innovations in wheat for resilient cropping systems) zur Aufgabe gemacht, den Zuchtfortschritt der Vergangenheit zu analysieren, um Grenzen und Möglichkeiten für die zukünftige Sortenentwicklung zu beschreiben.

Die Ertragsbildung von Pflanzenbeständen wird wesentlich von der Strahlungsaufnahme (Q) und der Strahlungsnutzungseffizienz (SNE) beeinflusst (Monteith und Moss, 1977). Im Folgenden werden die Beiträge dieser beiden primären Ertragskomponenten zum Zuchtfortschritt von Winterweizen beschrieben.

Material und Methoden

In den Erntejahren 2015, 2016 und 2017 wurde auf dem Versuchsstandort Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein Set von 220 Genotypen (Sortenzulassungen zwischen 1946 und 2013) in 3 Managements (intensiv, semi-intensiv und extensiv) und 3 Feldwiederholungen angebaut. Für die Analyse des Zuchtfortschrittes wird ein reduziertes Sortiment von 177 Genotypen (1966 bis 2013) betrachtet. Dieses steht repräsentativ für die deutsche Sortengeschichte. Die drei Managements unterscheiden sich wie folgt:

- **Intensiv:** 220 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), +Fungizide, +Insektizide, +Wachstumsregler
- **Semi-Int.:** 220 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), -Fungizide, -Insektizide, +Wachstumsregler
- **Extensiv:** 110 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), -Fungizide, -Insektizide, -Wachstumsregler

Die Grundlage für die Berechnung der Strahlungsaufnahme, ist eine zeitlich hoch aufgelöste Erfassung des Green Area Indexes (GAI).

Dies wird ermöglicht, durch ein engmaschiges, UAV-gestütztes, multispektrales Monitoring. Die multispektralen Daten lassen sich stabil in Schätzwerte des GAI überführen (siehe Beitrag im gleichen Tagungsband: „UAV-basiertes Multispektral-Monitoring von Winterweizenbeständen“). Im Erntejahr 2017 wurden GAI-Werte an 15 Terminen erfasst, wobei die ersten 2 Termine mit Hilfe von Bestandesfotos ermittelt wurden und hiermit GAI-Verläufe auf Einzelparzellenniveau angepasst (Abb. 1). Unter Hinzuziehung von Einstrahlungswerten (S) und der Annahme eines Extinktionskoeffizienten von 0,7 lässt sich hieraus die aufgenommene Strahlungsmenge (Q) und die Strahlungsaufnahmeeffizienz (SAE) bestimmen (Formel 1 und 2). Mit Hilfe des Korntrages aus dem Kerndrusch und dem Harvestindex aus Handernten wurde die finale Biomasse bestimmt, hierdurch lässt sich auch die Strahlungsnutzungseffizienz (SNE) ermitteln (Formel 3).

$$(I) \quad Q = S \times (1 - e^{-0.7 \times GAI})$$

$$(II) \quad SAE = \frac{Q}{S}$$

$$(III) \quad SNE = \frac{Biomasse}{Q}$$

Die Aufteilung der Varianz erfolgt mit Hilfe der von Moll et al. (1982) beschriebenen Methodik.

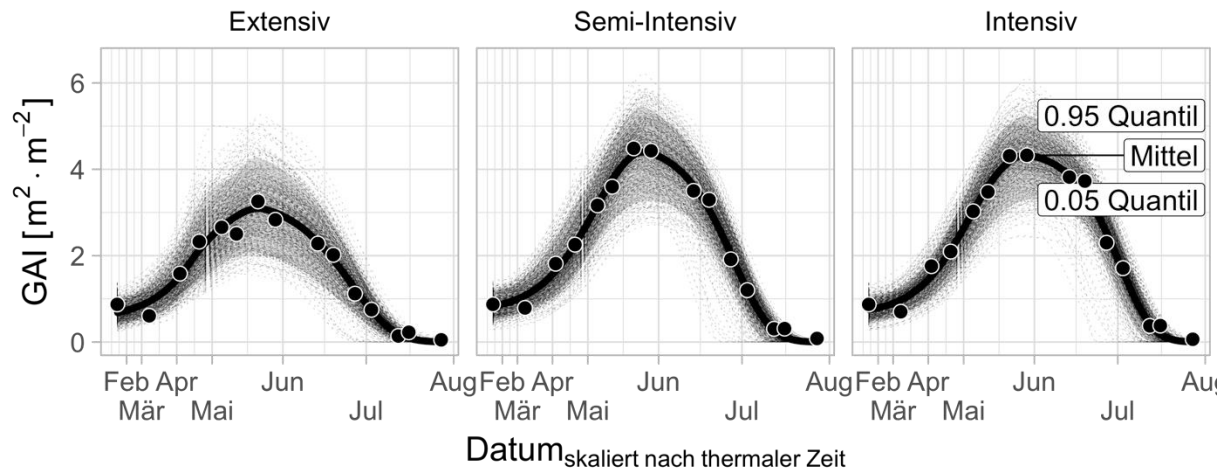


Abb. 1: GAI-Verläufe auf Einzelparzellenniveau (graue, gepunktete Linie) für das Jahr 2017 im Mittel aller Parzellen eines Managements (schwarze, durchgezogene Linie) und der Bereich in dem sich die mittleren 90% der Parzellenwerte befinden (graues Band).

Ergebnisse und Diskussion

Die Bedeutung von Strahlungsaufnahme- und Strahlungsnutzungseffizienz ist in den unterschiedlichen Managements sehr unterschiedlich. Bei guter Stickstoffversorgung (Intensiv und Semi-Intensiv) ist die SNE von deutlich höherer Bedeutung, wobei bei vorhandenem Pflanzenschutz die SAE in ihrer Bedeutung im Zeitverlauf zunimmt. Bei reduziertem Stickstoffangebot (Extensiv) ist hingegen die SAE bedeutsamer (Abb. 2). Auf dem insgesamt niedrigerem GAI-Niveau können Genotypen, die hierbei höhere Werte erreichen, deutlich bei der Strahlungsaufnahme profitieren.

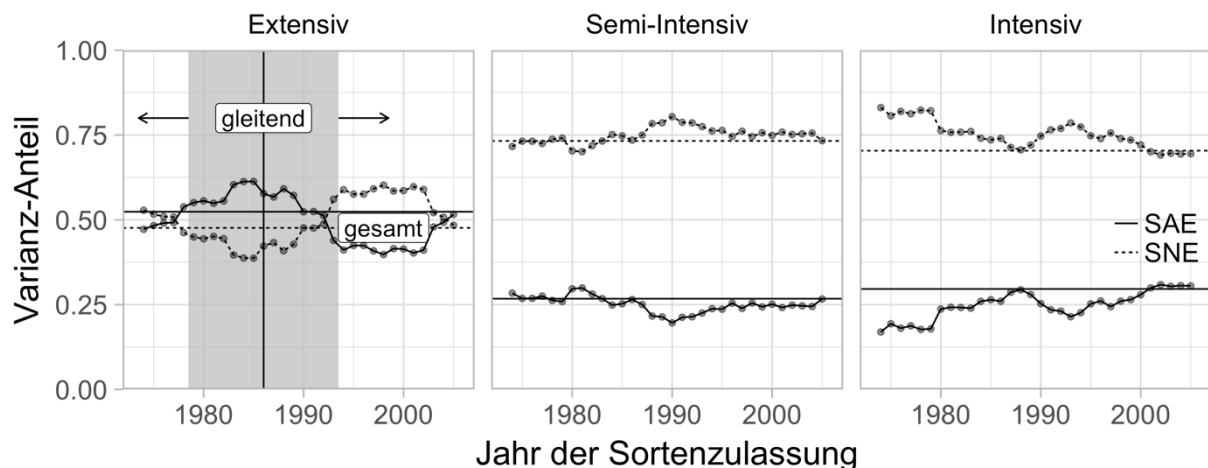


Abb. 2: Aufteilung der Varianz der Biomasse auf die erklärenden Komponenten Strahlungsaufnahmeeffizienz und Strahlungsnutzungseffizienz.

Literatur

- Moll, R. H., Kamprath, E. J., & Jackson, W. A. (1982). Analysis and Interpretation of Factors Which Contribute to Efficiency of Nitrogen Utilization 1. *Agronomy Journal*, 74(3), 562–564.
- Monteith, J. L., & Moss, C. J. (1977). Climate and the efficiency of crop production in Britain. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 281(980), 277–294.

Post-anthesis canopy green area duration contributes to breeding progress of German winter wheat

Carolin Lichthardt, Tsu-Wie Chen und Hartmut Stützel

Leibniz University Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Hannover.

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

Introduction

Winter wheat breeding in Germany has continuously increased grain yield but what were the underlying physiological traits which made the increase possible? Crucial for yield development is the grain filling period and the allocation of assimilates from the vegetative organs to the reproductive structures: the seed. Here we evaluate the influence of the availability of photosynthetic tissue (assimilate source) on yield formation. The majority of studies on senescence and crop productivity show that a delay of this complex process increases productivity and yield (Liang et al., 2018). We therefore hypothesize that stay-green traits were enhanced during the German winter wheat breeding history and that these physiological traits hold a responsibility for the increase in wheat yield.

Materials and Methods

Data from three consecutive years of field trials (2015, 2016 and 2017) were evaluated. 174 cultivars, representing the German plant breeding history were grown under optimal growing conditions with a target value of 220 kg/ha N and chemical plant protection as needed to keep the crops healthy. The plots were arranged in a randomized complete block design with two replications and cultivars were randomized within four sub-groups according to flowering time and plant height (early and short; early and long; late and short; late and short). Besides the general yield parameters (biomass, number of ears, TKW, yield) we measured the physiological traits related to canopy senescence processes: date of reaching BBCH59, maximal leaf area index and the percentage of green leaf area. From these measurements, the parameters leaf area duration (LAD) and green canopy duration (GCD) were derived. The absolute and relative breeding progress was defined as the slope of the linear regression line between year of release and the expression of the parameter of interest, and the ratio between the estimated values (y) for the year of release (x) 2010 and 1970 given the derived formula for the linear regression line. All cultivars were genotyped with the 15K SNP Illumina Infinium iSelect genotyping array and the SNP data was analysed in a genome wide association study (GWAS) in order to detect quantitative trait loci (QTL) for the traits under investigation here.

Results and discussion

Breeding progress in yield and yield components was clearly dependent on the environment, i.e. the factor year of cultivation had a significant effect on all traits except TKW and seeds per m². Cultivar differences were significant for all traits and cultivar – environment – interaction was only not significant for biomass, HI, ears per m² and seeds per m². The relative and absolute breeding progress and *Pearsons* correlations among the analysed traits and the year of release differed to a great extent between the seasons. We found a strong influence of GCD on yield in addition

to HI (which was responsible for the seasonal differences in yield increase), biomass (which had the overall highest influence on yield increase) and seeds per ear (which showed the consistently highest relative breeding progress). Correlations of GCD with yield and the year of release ranked among the highest values and in some years even exceeded the dependencies of the main yield parameters HI and biomass. The genetic analyses substantiate these findings.

Literatur

Liang, X., Liu, Y., Chen, J., Adams, C., 2018. Late-season photosynthetic rate and senescence were associated with grain yield in winter wheat of diverse origins. *J Agron Crop Sci* 204, 1–1

Exploring the genetic variabilities in eco-physiological traits related to yield stability in winter wheat

Tsu-Wei Chen, Carolin Lichthardt und Hartmut Stützel

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

Introduction

Yield stability of a cultivar can be defined as the ability of this cultivar, in comparison with other cultivars, to perform consistently well under different environmental conditions. A recent study shows that yield stability of winter wheat is a highly relevant trait for cultivar choice by German farmers (Macholdt & Honermeier, 2017). Testing the yield stability of a genotype requires field experiments for multiple years and locations. Therefore, selecting genotypes with stable yield is a difficult task for breeders. This difficulty restricts the speed of our knowledge gain in the genetic controls and eco-physiological mechanisms resulting in yield stability. A recent genome-wide association study suggested that multiple epistatic interactions between vernalization, photoperiod and other quantitative trait loci (QTLs) are related to yield stability (Sehgal et al., 2017). Sensitivity analyses of a model have shown that traits related to phenology (time to reach floral initiation and photoperiod sensitivity) are the most impactful traits for grain yield of winter wheat (Casadebaig et al., 2016). Indeed, vernalization requirement and photoperiod sensitivity determine the beginning of floral initiation and final leaf number. This implies that they control not only the length of vegetative and generative phase, but also the canopy size for carbon assimilation during the generative phase. Therefore, phenology and canopy development of winter wheat play a central role of yield performance, and the plastic or invariant responses of phenology and canopy development to different environmental conditions might be the key to understand yield stability. However, the genetic variations in eco-physiological traits related to yield stability remain largely unknown.

Materials and Methods

Using 220 cultivars representing the German breeding history of winter wheat of the last 50 years, we conducted six growth chamber experiments and field experiments in six locations in three consecutive years (2015-2017) to estimate the genetic variability in eco-physiological traits of winter wheat. In the growth chamber experiments, temperature dependency of leaf appearance rate, vernalization requirements, photoperiod sensitivity, and their effects on leaf number, tiller number and the length of developmental phases were estimated. In the field experiments, traits related to canopy development (leaf area index, light interception efficiency, light use efficiency, light extinction coefficient, canopy clumping index, and post-anthetic green leaf area duration), morphology (leaf length, leaf width and plant height), phenology, yield, yield components and yield stability for each genotype were obtained.

Additionally, these cultivars were genotyped by 15K iSelect SNP chip for genome wide association studies (GWAS) to find genomic regions which are responsible for the studied traits and co-localization.

Results and Discussion

All traits presented more than two-fold genotypic variations. Although having higher yield, modern cultivars are not different from the old cultivars in phyllochron, final leaf number and the length of vegetative phase, but had significantly shorter leaf length and larger tiller number. The latter increases the leaf area index at heading, which, together with the increase of post-anthetic green leaf area duration, contributes to the yield improvement of modern cultivars.

GWAS analyses detected significant co-localized QTLs for yield, yield stability, green canopy duration and maximal leaf area. A marker was associated with green canopy duration and yield, with consistent allelic effects on the both traits, indicating the contribution of the stay-green phenotype to yield at the genetic level.

A highly significant marker had positive allelic effects on the maximal leaf area index and yield stability. This indicates that genetic mechanisms determining the canopy development before heading contribute significantly to the yield stability. Our results reveal the genetic architecture of eco-physiological traits and yield stability and provide insight into breeding high and stable yield cultivars.

Literature

- Casadebaig P, Zheng B, Chapman S, Huth N, Faivre R, Chenu K. 2016. Assessment of the potential impacts of wheat plant traits across environments by combining crop modeling and global sensitivity analysis. *PloS one* 11: e0146385.
- Macholdt J, Honermeier B. 2017. Yield stability in winter wheat production: A survey on German farmers' and advisors' views. *Agronomy* 7: 45.
- Sehgal D, Autrique E, Singh R, Ellis M, Singh S, Dreisigacker S. 2017. Identification of genomic regions for grain yield and yield stability and their epistatic interactions. *Scientific Reports* 7: 41578. doi:10.1038/srep41578.

Wie beeinflusst eine Harnstoff-Blattdüngung zur Blüte die Proteinkonzentration und -zusammensetzung und damit die Backqualität von Weizen?

Anne Roßmann¹, Peter Buchner², Malcolm J. Hawkesford², Katharina A. Scherf³ und Karl-Hermann Mühling¹

¹Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Kiel; ²Plant Science Department, Rothamsted Research, Harpenden; ³Leibniz-Institut für Lebensmittel-Systembiologie an der Technischen Universität München, Freising. E-Mail: arossmann@plantrnutrition.uni-kiel.de

Einleitung

Weizen ist wichtiger Lieferant von Energie und Protein in der menschlichen Ernährung und wird hauptsächlich in Form von Backwaren konsumiert. Daher kommt der Backqualität im Weizenanbau eine besondere Bedeutung zu. Eine späte Stickstoff-(N)-Düngung ist eine in der landwirtschaftlichen Praxis anerkannte Maßnahme, um die Proteinkonzentration im Weizenkorn zu erhöhen und somit die Backqualität zu verbessern. Jedoch ist besonders dieser späte Stickstoff-Einsatz mit Umweltrisiken, wie Nitratauswaschungen und volatilen N-Verlusten, verbunden (Senbayram et al., 2009). Außerdem besteht vor allem in modernen Weizensorten nur eine schwache Korrelation zwischen der Proteinkonzentration und dem Backvolumen (Kazman and Innemann, 2010; Thanhäuser et al., 2014; Xue et al., 2016; Gabriel et al., 2017). Aus diesen Gründen müssen die Effekte der späten N-Düngung auf die Proteinzusammensetzung sowie das Brotvolumen untersucht werden, um deren Vorzüge beurteilen zu können.

Material und Methoden

Drei Winterweizensorten (Skyfall, Soissons und Conqueror) wurden im Jahr 2016 in einem Feldversuch in Großbritannien mit dem Einsatz zweier N-Düngermengen (100 kg und 200 kg N ha⁻¹) in dreifacher Wiederholung angebaut. Es wurde der Einfluss einer Harnstoff-Blattapplikation (40 kg N ha⁻¹) zur Blüte auf die Proteinkonzentration und -zusammensetzung sowie auf die Backqualität untersucht. Dazu wurde das Gluten aus gemahlenen Kornproben extrahiert und die Proteine mittels SDS-PAGE (sodium dodecyl sulfate polyacrylamide gel electrophoresis) nach ihrer Größe aufgetrennt. Eine Auftrennung der Polymere wurde mithilfe der SE-HPLC (size-exclusion high performance liquid chromatography) vorgenommen. Außerdem wurden Mikrobäcktests durchgeführt, um die Backqualität der Mehle beurteilen zu können.

Ergebnisse und Diskussion

Eine späte Harnstoff-Blattdüngung beeinflusste den Kornertrag kaum, während bei einer höheren N-Düngung der Kornertrag stieg. Die Proteinkonzentration im Korn wurde sowohl durch eine höhere N-Düngung als auch durch eine späte Harnstoff-Blattapplikation gesteigert. Ein positiver Effekt der späten Harnstoff-Blattdüngung auf das Brotvolumen wurde jedoch ausschließlich bei reduzierter N-Düngung beobachtet.

Aus den Untersuchungen resultiert, dass ein Anstieg der Proteinkonzentration im Korn nicht zwangsläufig zu einer verbesserten Backqualität führt. Diese hängt vielmehr von der Zusammensetzung des Proteins ab. Die Harnstoffblattdüngung hatte ausschließlich bei geringer N-Gesamtmenge (100 kg N ha⁻¹) ein geringeres

HMW-GS/LMW-GS-Verhältnis sowie ein höheres Gliadin/HMW-GS-Verhältnis zur Folge, was zu erhöhtem Backvolumen führte.

Die Ergebnisse zeigen, dass eine Harnstoff-Blattapplikation zur Blüte ein effektives Mittel darstellt, um die Backqualität besonders dann zu verbessern, wenn die N-Aufnahme vor der Blüte gering ist. Außerdem wird deutlich, dass die alleinige Untersuchung der Proteinkonzentration nicht ausreicht, um die Backqualität adäquat zu beurteilen. Vielmehr muss eine Analyse der Zusammensetzung der Speicherproteine als auch die direkte Messung des Brotvolumens erfolgen.

Literatur

- Gabriel, D., Pfitzner, C., Haase, N., Hüsken, A., Prüfer, H., Greef, J.-M. and Rühl, G. (2017) 'New strategies for a reliable assessment of baking quality of wheat – Rethinking the current indicator protein content', *Journal of Cereal Science*, 77, pp. 126–134. doi: 10.1016/j.jcs.2017.08.002.
- Kazman, E. and Innemann, A. (2010) 'Wie sieht eine Weizensorte in 5-10 Jahren aus? Wie stellt sich die Pflanzenzüchtung auf kommende Veränderungen ein? How will a wheat variety look in 5 to 10 years? How will wheat breeding cope with future challenges?', in 60. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs 2009, pp. 5–10.
- Senbayram, M., Ruirui, C., Mühling, K. H. and Dittert, K. (2009) 'Contribution of nitrification and denitrification to nitrous oxide emissions from soils after application of biogas waste and other fertilizers', *Rapid Communications in Mass Spectrometry: RCM*, 23(16), pp. 2489–2498. doi: 10.1002/rcm.4067.
- Thanhaeuser, S. M., Wieser, H. and Koehler, P. (2014) 'Correlation of quality parameters with the baking performance of wheat flours', in *Cereal Chemistry*, pp. 333–341. doi: 10.1094/CCHEM-09-13-0194-CESI.
- Xue, C., Schulte auf'm Erley, G., Rücker, S., Koehler, P., Obenauf, U. and Mühling, K. H. (2016) 'Late nitrogen application increased protein concentration but not baking quality of wheat', *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, pp. 1–11. doi: 10.1002/jpln.201500569.

Eignung alternativer Methoden zur Bestimmung der Backqualität von Weizen bei differenzierter N-Düngung

Julia Klussmann¹, Bernd Honermeier¹ und Ludger Linnemann²

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

²Forschungsring für Biologisch-Dynamische Wirtschaftsweise e.V., Darmstadt

E-Mail: Julia.Klussmann@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Die Backqualität des Weizens wird in Backlaboren mit Hilfe des Rapid-Mix-Tests (RMT) bestimmt. Darüber hinaus werden begleitende nasschemische und/oder nicht-destruktive Untersuchungen durchgeführt, mit denen Rückschlüsse auf die Backfähigkeit des Weizens gezogen werden können. Als Grundlage der Preisfindung für den Backweizen wird in der Mühlenwirtschaft u. a. der Proteingehalt der Weizenkörner genutzt. Die Aussagekraft des Proteingehaltes ist jedoch begrenzt. Daher ist es von Interesse, alternative Bewertungsparameter zur Beurteilung der Backqualität des Weizens zu prüfen bzw. zu entwickeln. Das Ziel der durchgeführten Untersuchungen bestand deshalb darin, die Bedeutung des Glutenin-Makropolymers (GMP), ein Bestandteil der Proteinfraction Glutenin, sowie die Eignung eines Mikro-Backtests (Optimierter Backtest, OBT) zur Beurteilung der Backqualität des Weizens zu überprüfen.

Material und Methoden

Zur Klärung der Fragestellung wurde in den Jahren 2016 und 2017 ein zweifaktorieller Parzellenversuch am Standort Rauischholzhausen (Parabraunerde, Lößlehm, AZ: 80, lgj. Mittel: 605 mm, 8,5 °C, Vorfrucht: Silomais, N_{min}: 30 bzw. 55 kg/NO₃-N/ha) durchgeführt. Der Versuch wurde als randomisierte Blockanlage (A x B) mit den Prüffaktoren A: N-Düngung (10 Varianten) und B: Sorte (Akteur, Helmond, JB Asano, RGT Reform) in vierfacher Wiederholung angelegt. Die 10 N-Stufen beinhalteten eine Kontrolle (0 kg N/ha) sowie sechs Varianten mit 180 bis 220 kg N/ha als KAS und drei Varianten mit 180 bis 240 kg N/ha, die mit dem CULTAN-Verfahren gedüngt wurden (jeweils nur N₂ mit Artifert) inkl. N_{min}.

Die Bestimmung der Proteingehalte erfolgte mithilfe der DUMAS-Verbrennungsmethode (ICC-Nr. 167). Durch einen Protein-Größenaufschluss, mithilfe einer SEC-Säule (Phenomenex Biosep SEC-4000), konnte das GMP mit einer HPLC detektiert werden. Die Probenvorbereitung und Extraktion erfolgte in Anlehnung an LINNEMANN 2010. Für eine Probe des Mikrobacktests (OBT) werden 50 g Mehl T 550 benötigt. Der Teig wird nach einer standardisierten Rezeptur hergestellt (LINNEMANN 2013).

Ergebnisse und Diskussion

Die Protein-Gehalte des Weizens (Mehl T 550) unterlagen erwartungsgemäß einem signifikanten Einfluss durch die Höhe und zeitliche Verteilung der N-Düngung. Die höchsten Protein-Gehalte wurden in den Varianten mit den höchsten N-Gaben von insgesamt 200 bzw. 240 kg N/ha (inkl. N_{min}) bzw. in den Varianten mit später N-Gabe (40 kg N/ha zu BBCH 52) erzielt. Eine N-Düngung mit 200 kg N/ha bewirkte in der Regel dann eine Zunahme der Protein-Gehalte, wenn innerhalb der gesamten applizierten N-Menge eine späte N-Gabe berücksichtigt wurde. Innerhalb des Sortimentes variierten die Protein-Gehalte von 9,8 % der TM (RGT Reform) bis

12,1 % der TM (Helmond). Zwischen den Weizensorten gab es, im Mittel der N-Stufen und Versuchsjahre, für die Protein-Gehalte folgende Rangfolge: (1) Helmond, (2) Akteur, (3) Asano (4) RGT Reform. Somit variierte der Proteingehalt der Sorten auch innerhalb derselben Qualitätsstufe (E, A).

Der Anteil des Glutenin-Makropolymers (GMP) am Protein zeigte im Mittel der Versuchsjahre einen statistisch abgesicherten Effekt der N-Düngung, wobei die Unterschiede zwischen den N-Varianten geringer waren im Vergleich zum Protein-Gehalt. Bei einem Mangel an N (Kontrolle) betrugen die GMP-Gehalte 1,70 % (2016) bzw. 2,23 % (2017). Die GMP-Gehalte der mit N gedüngten Varianten betrugen im ersten Versuchsjahr (2016) 1,88 % (180 kg N/ha) bis 2,72 % (220 kg N/ha). Im zweiten Versuchsjahr (2017) lagen die GMP-Werte demgegenüber bei 2,14 % (180 kg N/ha) bzw. bei 2,70 % (200 kg N/ha). Die E-Weizensorten wiesen in beiden Jahren einen signifikant höheren GMP-Gehalt auf als die beiden A-Weizensorten. Im Gegensatz zum Protein-Gehalt konnten keine Sorten-Unterschiede innerhalb derselben Qualitätsgruppe beobachtet werden. Die Wachstumsbedingungen im Versuchsjahr 2017 bewirkten im gesamten Versuch generell höhere GMP-Werte als im Jahr 2016. Damit verhielt sich der GMP-Gehalt gegensätzlich zum Gesamt-Protein-Gehalt im Weizenmehl. Die Verringerung der Proteingehalte im Jahr 2017 war verbunden mit einer Verbesserung der Proteinqualität (höhere GMP-Gehalte) im Weizen.

Anhand der durchgeführten Mikro-Backtests (OBT) konnte innerhalb der zwei Versuchsjahre kein signifikanter Unterschied zwischen den mit N gedüngten Varianten (180 bis 240 kg N/ha) ermittelt werden. Im Vergleich damit lagen die Volumenausbeuten in der Kontrolle signifikant niedriger als in den meisten N-Varianten. Zwischen den beiden Versuchsjahren bestanden signifikante Unterschiede. Im Jahr 2016 lag die Volumenausbeute im Mittel bei 765 ml/100 g Mehl, während im Folgejahr 2017 im Mittel eine Volumenausbeute von 728 ml/100 g Mehl gemessen wurde. Das bedeutet, dass bei einem höheren Gesamt-Protein-Gehalt und bei geringeren GMP-Gehalten höhere Backvolumina erreicht wurden. Die Weizensorten RGT Reform (A) und Akteur (E) erzielten in beiden Jahren ähnliche Backvolumina. Es kann gefolgert werden, dass die Sorte RGT Reform pro Prozentpunkt Protein mehr Backvolumen bildet.

Insgesamt kann festgestellt werden, dass das Glutenin-Makropolymer ein wichtiges Merkmal der Proteinqualität des Weizens ist, das die Unterschiede zwischen den Qualitätsgruppen (E, A) sichtbar macht. Auf Basis der bisher durchgeführten Untersuchungen konnte eine negative Beziehung zwischen Gesamt-Protein und GMP beobachtet werden. Der hier angewendete Mikro-Backtest (OBT) war geeignet, um Unterschiede zwischen den Sorten und N-Varianten zu demonstrieren. Um die Beziehungen zwischen den vorgenannten Parametern zu klären, sollten weitere Versuche mit einem breiteren Sortenspektrum (E bis C-Sorten) durchgeführt werden.

Literatur

- 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-melhqualitaet_oekoweizen.pdf
- LINNEMANN, L. (2013): Direkte und indirekte Verfahren zur Bestimmung der Mehlqualität von Öko-Weizensorten. Beiträge zur 12. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau Bonn, S. 366-369.

Einfluss unterschiedlicher Ausbringungstechniken von Gärresten auf das Wachstum und die N-, P- und K-Aufnahme von Winterweizen

Daniel Kern, Feng Yan und Bernd Honermeier

Professur für Pflanzenbau, BFS (Biomedizinisches Forschungszentrum Seltersberg), Justus-Liebig-Universität, Gießen. E-Mail: daniel.kern@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Gärreste aus Biogas-Fermentern werden in Deutschland vor allem vor der Aussaat von Mais, Gerste, Raps, Zwischenfrüchten sowie auf Grünland ausgebracht. Weniger verbreitet ist dagegen die Anwendung von Gärresten im Winterweizen, dessen Nährstoffaufnahme und -bedarf vor allem während der Bestockungs- und Halmstreckungsphase im Frühjahr abgedeckt werden muss (MÜLLER et al., 1991). Die Probleme der Anwendung von Gärresten im Weizen bestehen in der möglichen Beschädigung (mechanisch, Verätzung) der Pflanzen, was sich negativ auf den Ertrag und die Qualität auswirken kann. Da zudem der Großteil des im Gärrest enthaltenen Stickstoffs als Ammonium vorliegt und der pH-Wert sich im alkalischen Bereich befindet, ist von Ammoniakverlusten bei der Ausbringung auszugehen (IMMOVILLI et al., 2008). Um Gärreste dennoch effizient im Weizen einsetzen zu können, ist es notwendig, praxistaugliche Düngestrategien zu entwickeln. Das Ziel des durchgeführten Versuches bestand deshalb darin, den Einfluss der Ausbringungstechnik auf die N-, P- und K-Düngewirkung von Gärresten im Winterweizen in einem „On-Farm-Versuch“ zu klären.

Material und Methoden

Genutzt wurden die Ackerflächen eines landwirtschaftlichen Betriebs (sandiger Lehm, AZ 70 – 80), in dem bereits seit 10 Jahren regelmäßig Gärreste ausgebracht werden. Die Gärreste dieses Betriebs stammen aus einer 532 kW Biogasanlage, in der 50 % NAWARO (Maissilage, Getreide-GPS und Gras) und 50 % Wirtschaftsdünger verwertet werden. Die im Jahr 2017 begonnenen Versuche wurden als Streifen-Anlage etabliert. Die Gärreste wurden im Winterweizen im Frühjahr mit einem „Scheibenschlitzgerät“ und einem „Schleppschuhverteiler“ appliziert. Die Gärrest-Varianten wurden mit der betriebsüblichen, mineralischen Düngungsstrategie sowie mit einer N-freien Kontrolle verglichen. Daneben wurde eine Variante mit der Kombination aus mineralischer und Gärrest-Düngung berücksichtigt. Zusätzlich wurde der mechanische Einfluss des „Schlitzens“ auf den Weizen geprüft, in dem ein Schlitzgerät (ohne Gärreste-Ausbringung) im Weizen-Bestand eingesetzt wurde. Insgesamt wurden sechs Varianten in Streifen von je 28 m x 250 m angelegt (s. Tab. 1).

Die Menge der applizierten Gärreste richtete sich nach dem darin enthaltenen Ammonium-N. Die mineralischen Varianten (Nr. 2 + 3) wurden in der Bestockungsphase mit zwei Gaben Ammonium-Nitrat-Harnstoff-Lösung (Alzon) und in einer dritten Gabe zum Ährenschieben mit gekörntem Harnstoff gedüngt. Alle anderen Varianten wurden nur in der Bestockungsphase gedüngt (Tab. 1). Um den mechanischen Einfluss der Gärrestausbringung zu bestimmen, wurden zwei Wochen nach der ersten Düngungsmaßnahme die Triebdichte des Weizens ermittelt. Außerdem wurden bestimmt: Kornertrag, Strohertrag, Ährendichte, Kornzahl/Ähre, TKM, N-, P- und K-Aufnahme sowie der Rohproteingehalt des Weizens.

Tab. 1: Varianten im On-Farm-Versuch Gärreste-Düngung im Winterweizen im Jahr 2017 (Betrieb Hof Capelle und JLU Gießen)

Nr.	Verfahrensvariante	EC 21	EC 23	EC 25	EC 59	Σ
		N-Gaben und N-Düngerform				
1	Kontrolle	0	0	0	0	0
2	Mineral-N (betriebsüblich)	70 kg N (AZ) ¹⁾	0	50 kg N (AZ)	50 kg N (HS) ³⁾	170
3	Mineral-N + “Leerschlitzen”	70 kg N (AZ)	„Leerschlitzen“	50 kg N (AZ)	50 kg N (HS)	170
4	Gärrest mit Schleppschuhverteiler	0	77 Kg NH ₄ -N (30 m ³ GR) ²⁾	104 Kg NH ₄ -N (40 m ³ GR)	0	181
5	Gärrest: Injektion + Schleppschuhverteiler	0	77 Kg NH ₄ -N (30 m ³ GR)	104 Kg NH ₄ -N (40 m ³ GR)	0	181
6	Gärrest Injektion + Mineral N	30 kg N (AZ)	77 Kg NH ₄ -N (30 m ³ GR)	70 Kg NH ₄ -N (AZ)	0	177

¹⁾ Alzon® flüssig-S 25/6 (25 % N + 6 % S); ²⁾ Gärrest; ³⁾ Harnstoff gekörnt (46 % Carbamid-N)

Ergebnisse und Diskussion

In dem durchgeführten Versuch unterschieden sich die Korn- und Stroherträge der Varianten Nr. 2 bis 6 nicht signifikant voneinander. Weder die Methode der Gärrest-Ausbringung, noch die Düngerform (mineralisch vs. Gärreste) hatten in diesem Versuch einen gesicherten Einfluss auf die Weizenerträge.

Die Ausbringung der Gärreste mit dem Schleppschuhverteiler führte zu einem geringeren Mineraldüngeräquivalent (MDÄ) von 60 %, was auf gasförmige N-Verluste während der Ausbringung hindeutet. Die Applikation mit dem Schlitzgerät erhöhte das MDÄ des Gärrestes auf ca. 80 %. Durch die langjährige Gärrestdüngung war der Boden gut mit P und K versorgt, sodass keine P- und K-Düngewirkung durch die Gärreste im Weizen feststellbar war. In der Variante, in der Gärrest mit dem Schlitzgerät ausgebracht wurde, wurden signifikant höhere P-Gehalte im Stroh gemessen. Jedoch hatte dies auf den gesamten P-Entzug durch das Erntegut (Stroh und Korn) keinen Einfluss.

Die mechanische Beschädigung durch die Applikationstechnik hatte keine negativen Auswirkungen auf den Ertrag des Weizens. Bei rein mineralischer Düngung bildete der Weizen signifikant höhere TKM-Werte und einen höheren Proteingehalt als bei reiner Gärrestdüngung. Die N-Düngung zum Ährenschieben bewirkte erwartungsgemäß eine Erhöhung der TKM und des Proteingehaltes. Auffällig war weiterhin, dass der Weizen ohne N-Düngung eine höhere TKM als der mit Gärrest gedüngte Weizen aufwies. Die Proteingehalte des Weizens lagen bei alleiniger Gärrestdüngung auf dem gleichen Niveau wie in der ungedüngten Kontrolle. Dies ist damit zu erklären, dass der ungedüngte Weizen durch mangelhafte N-Versorgung zwar insgesamt weniger Ähren/m² und weniger Körner je Ähre ausbildete, diesen aber verhältnismäßig mehr Assimilate aus den Blättern zur Protein-Akkumulation in den Körnern zur Verfügung standen.

Literatur

- Müller, S., Ansorge, H., Weigert, I. (1991): Einfluß der Stickstoffdüngung auf Ertrag, Ertragsstruktur und N-Verwertung von Winterweizen - Möglichkeiten und Grenzen der Bestandesführung, Z. Pflanzenernähr. Bodenk. 154, 115-119
- Immovilli, A., Fabbri, C., Valli, L., (2008): Odour and ammonia emissions from cattle slurry treated with anaerobic digestion, Chemical Engineering Transactions. 15, 247-254

Einfluss von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität und Umwelanpassungsfähigkeit von Wintergerste

Janna Macholdt¹, Hans-Peter Piepho² und Bernd Honermeier¹

¹ Professur für Pflanzenbau, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Justus-Liebig-Universität Gießen, Gießen; ² Fachgebiet Biostatistik, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: janna.c.macholdt@agrar.uni-giessen.de

Einleitung

Neben der Stickstoffdüngung hat auch die Gestaltung der Fruchtfolge einen großen Einfluss auf die Produktivität im Gerstenanbau. Dabei spielt neben dem absoluten Kornertrag, vor allem im Hinblick auf sich ändernde klimatische Bedingungen zunehmend auch die Ertragsstabilität eine große Rolle. Das Ziel dieser Studie besteht deshalb darin, den Einfluss von sechs verschiedenen Fruchtfolgesystemen in Kombination mit drei Stickstoffdüngungsvarianten auf die Ertragsstabilität und Umwelanpassungsfähigkeit von Wintergerste zu klären.

Material und Methoden

Die Studie basiert auf einem Dauerfeldversuch, welcher auf der Versuchsstation Rauischholzhausen der Justus-Liebig-Universität Gießen (JLU Gießen) durchgeführt wurde (8.88 °E, 56.76 °N, 225 m über NN). Der Boden ist gekennzeichnet als tiefgründiger Lösslehm mit einer Ackerzahl von 66. Die mittlere Jahresniederschlagssumme beträgt 603 mm bei einer mittleren Lufttemperatur von 8,1°C. Der Feldversuch (Strip-plot Design) umfasst die Prüffaktoren Stickstoffdüngung und Fruchtfolgesystem (Tab. 1) mit jeweils dreifacher Wiederholung pro Prüfglied. Die Auswertung bezieht sich auf die Kornerträge von Wintergerste der Erntejahre 1993 bis 2017 im 3. Jahr der Fruchtfolge (Tab.1). Der Prüffaktor N-Düngung ist untergliedert in drei Stufen: N0, N1 und N2. Die N-Gaben (Kalkammonsalpeter) für Wintergerste sind: N0 = 0 kg N ha⁻¹; N1 = 40 kg N ha⁻¹ (Vegetationsbeginn) + 30 kg N ha⁻¹ (Bestockungsende); N2 = 60 kg N ha⁻¹ + 30 kg N ha⁻¹ (Ährenschieben). Die statistische Auswertung basiert auf Gemischten Modellen (Shukla's Stabilitätsmodell und Finlay-Wilkinson-Modell), in denen die Prüffaktoren Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngung als feste Effekte, dagegen die Jahre und die Wechselwirkungen Jahr x Prüffaktor (= Umwelt) als zufällige Effekte festgelegt wurden. Unter Nutzung der REML (restricted maximum likelihood) Prozedur wurden auf Basis von Varianzkomponenten der Gerstenerträge die Stabilitätsparameter in Abhängigkeit von den Prüffaktoren und Umwelten geschätzt.

Tab. 1: Fruchtfolge-Dauerfeldversuch Rauischholzhausen (JLU Gießen)

Fruchtfolge-system (FFS)	Fruchtfolge			
	1. Jahr	2. Jahr	3. Jahr	4. Jahr
1	Winterroggen	Winterweizen	Wintergerste	Sommerhafer
2	Winterroggen ^{+S+G}	Winterweizen	Wintergerste ^{+S+G}	Sommerhafer
3	Winterraps ^{+S}	Winterweizen	Wintergerste ^{+S+G}	Sommerhafer
4	Zuckerrübe ^{+G}	Winterweizen	Wintergerste ^{+S+G}	Sommerhafer ^{+S+G}
5	Ackerbohne ^{+S}	Winterweizen	Wintergerste ^{+S+G}	Sommerhafer ^{+S+G}
6	Ackerbohne ^{+S}	Winterweizen	Wintergerste ^{+S+G}	Silomais

Notiz: S = Strohdüngung (5 t ha⁻¹). G = Gründüngung (FFS 2-4: Raps, FFS 5-6: Erbse).

Ergebnisse und Diskussion

In allen Fruchtfolgesystemen wurden in der N1-Variante (70 kg N ha^{-1}) stabilere Gerstenerträge als in der voll gedüngten Variante N2 (140 kg N ha^{-1}) ermittelt – die geringste Ertragsstabilität bestand in der ungedüngten Variante N0 (Tab. 2). Im Vergleich der Fruchtfolgesysteme wurden in den reinen Getreidefruchtfolgen FFS 1-2 die geringsten Ertragsstabilitäten von Wintergerste beobachtet. Im Vergleich dieser beiden Getreidefruchtfolgen war nur ein geringfügig positiver Effekt durch die Stroh- und Gründüngung im Rahmen der Fruchtfolge (FFS 2) auf die Ertragsstabilität von Wintergerste zu verzeichnen. Dagegen wies Wintergerste in den Fruchtfolgesystemen 5 und insbesondere 6 (Vorvorfrucht: Ackerbohne) die höchsten Ertragsstabilitäten auf. Die Fruchtfolgesysteme 3 (Vorvorfrucht: Raps) und 4 (Vorvorfrucht: Zuckerrübe) nahmen eine Mittelstellung ein (Tab.2).

Tab. 2: Ertragsstabilität von Wintergerste in Abhängigkeit von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngungsvariante (Fruchtfolge-Dauerfeldversuch JLU Gießen, 1993–2017)

Fruchtfolge- system (FFS)	REML Stabilitätsparameter*			
	Stickstoffdüngungsvariante			Mittelwert
	N0	N1	N2	
1	0,42	0,16	0,34	0,31
2	0,40	0,15	0,32	0,29
3	0,33	0,14	0,28	0,25
4	0,31	0,12	0,25	0,23
5	0,28	0,10	0,24	0,21
6	0,30	0,06	0,21	0,19
Mittelwert	0,34	0,12	0,27	0,25

Notiz: *Shukla` Stabilitätsmodell, niedrigere Werte bedeuten höhere Ertragsstabilität.

Auf Basis des Finlay-Wilkinson Modells (Regressionsansatz) wurde die Umwelthanpassungsfähigkeit von Wintergerste in Abhängigkeit vom Fruchtfolgesystem ermittelt. Als Kriterium wurde hierfür der Anstieg der Regressionsgeraden (b) je FFS berechnet. Hier wies Wintergerste in der reinen Getreidefruchtfolge ohne Stroh- und Gründüngung (FFS1) die geringste Umwelthanpassungsfähigkeit auf ($b < 0,9$), d.h. zunehmend günstige Umweltbedingungen konnten vergleichsweise schlecht in Ertrag umgesetzt werden bzw. in Folge von ungünstigeren Umweltbedingungen traten überdurchschnittliche Ertragsreduktionen auf. Dagegen zeigte Wintergerste in den Fruchtfolgesystemen FFS 5-6 (Vorvorfrucht: Ackerbohne) und FFS 4 (Vorvorfrucht: Zuckerrübe) die vergleichsweise höchste Umwelthanpassungsfähigkeit ($b > 1,1$), verbunden mit höheren und stabileren Kornerträgen unter den geprüften Umweltbedingungen. Die Umwelthanpassungsfähigkeit von Wintergerste in den Fruchtfolgesystemen FFS 2-3 lagen im mittleren Bereich ($0,9 < b < 1,1$).

Im Ergebnis der Studie konnte ein eindeutiger Einfluss von Fruchtfolgesystem und Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität von Wintergerste festgestellt werden. Der deutliche Effekt der Stickstoffdüngung auf die Ertragsstabilität muss allerdings vor dem Hintergrund des Versuchsdesigns und der bestehenden Unterschiede zwischen den Varianten N0, N1 und N2 interpretiert werden. Insgesamt ist eine valide Bewertung zur Ertragsstabilität nur auf Basis langjähriger Ergebnisse möglich, was die hohe Bedeutung von Dauerfeldversuchen in diesem Kontext unterstreicht.

Refined N fertilization of winter wheat based on UAV observations, site information, weather and climate data

Arne M. Ratjen, Josephine Bukowiecki and Henning Kage

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

Introduction

Mechanistic models for in-season yield forecasts can be used to adjust yield expectations (Ratjen and Kage, 2015) and help to optimize absolute fertilizer rates (Reinsdorf et al., 2016). Unmanned aerial vehicles (UAV) provide additional data such as multi-spectral reflection and infrared thermography with high spatial resolution. Simulated green area index and canopy temperature (CT, Webber et al., 2018) can serve as interfaces between field observations and crop simulators. This provides a way for a process oriented interpretation of sensor data and may allow a refined forecast of state variables relevant for N fertilization.

Material and Methods

Aiming a spatial adjustment of last N fertilizer rate, we used the wheat crop model “HumeWheat” for the interpretation of UAV observations. The data was carried out at the experimental farm Hohenschulen near Kiel in 2017. Green area index (GAI) was estimated from spectral reflectance (*Sequoia® multispectral*) four times (May 07, May 19, May 26 and June 02). Infrared thermography images were taken at three different dates (May 19, May 26 and June 02) with *ThermoMAP®* camera. In the first step a two factorial simulation study was conducted with (i) 33 different soil parameterizations (soil textures) and (ii) 11 different weather extrapolations with historical weather (33 x 11 = 363 scenarios). Some management information, the weather data until June 02 and climate data served as inputs for the simulation. Observations and simulation results were transformed into relative values: information of each coordinate were divided by the median of the site, simulated values for GAI and canopy temperature were divided by simulation results obtained with the parameterizations most representative for the site (loamy sand, Figure 1).

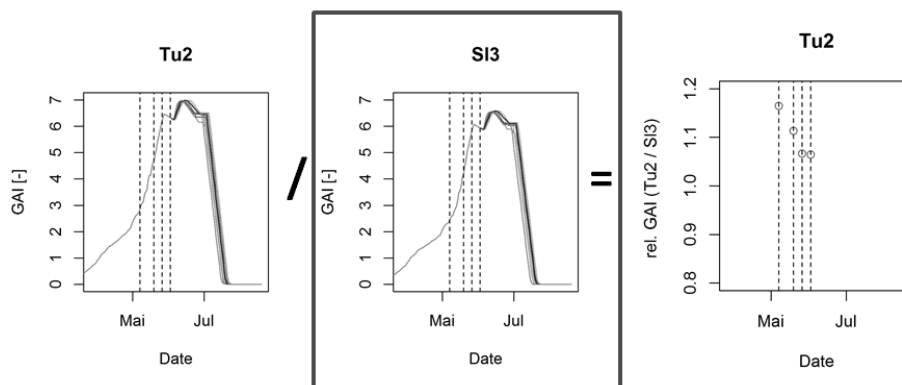


Figure 1: Example for the transformation of simulated, absolute GAI values into relative values for each overflight date (dashed, vertical lines).

Subsequently, the soil texture with the highest explanatory power (lowest RMSE) was selected by comparing simulated and observed relative data on a 1x1m resolution (Figure 2). After assignment of soil textures, spatial differences in N uptake

at harvest were obtained by subtracting simulated N uptake with reference soil texture from the simulated N uptake of the respective coordinate.

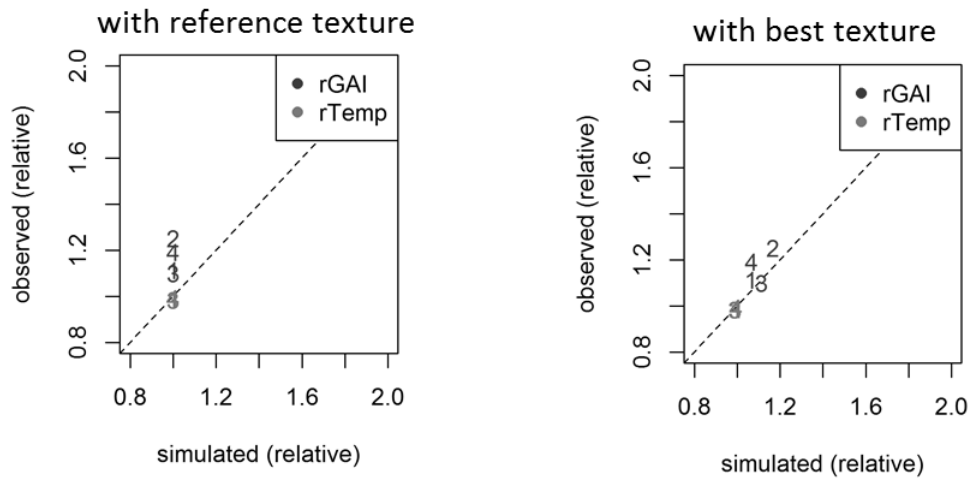


Figure 2: Example for the assignment of a parameterization (soil texture) to a specific coordinate (pixel): The figure shows relative observations of GAI (rGAI) and temperature (rTemp) plotted against the according relative simulation results (numbers 1..4 indicate sampling dates). On the left side the situation with reference parameterization ("SI3" soil texture), on the right side with best parameterization.

Results & Discussion

The method was able to disclose soil heterogeneity and spatial variability in expected N uptake at harvest (Figure 3). However, the relative error of the simulation was also highly variable: a high error was observed at sub-areas affected by yield limiting factors not considered by the crop model. Thereby the model error reliably detected areas affected by soil compaction (mainly machine lanes) and water logging. The site was sampled at 20 positions. A significant correlation between expected N uptake of June 02 and spike mass at harvest was found (not shown).

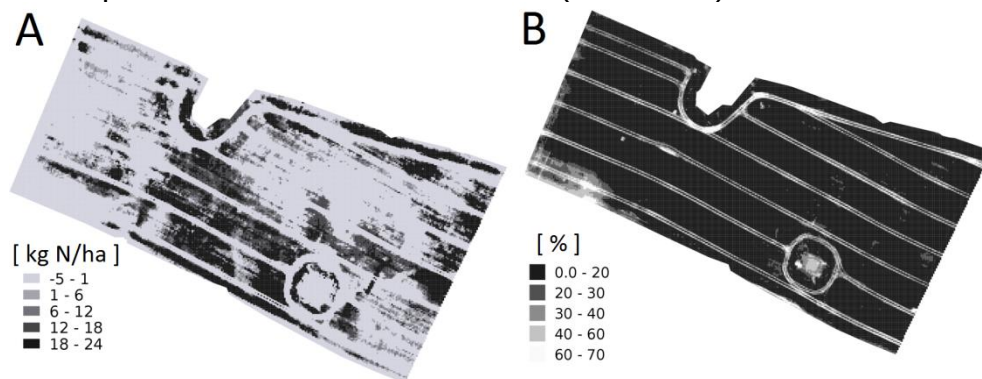


Figure 3: (A) Difference in expected N uptake at harvest (simulated N uptake minus simulated N uptake of the reference texture). (B) Error of the simulation (GAI and CT) with most explanatory soil texture (expressed as root mean square error in percent).

Literatur

- Ratjen, A.M., Kage, H., 2015. Forecasting yield via reference- and scenario calculations. *Comput. Electron. Agric.* 114, 212 – 220. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.03.020>
- Reinsdorf, E., Baumgärtel, G., Ratjen, A.M., Kage, H., 2016. Online optimieren. *DLG Mitteilung, N-Düngung* 20–22.
- Webber, H., White, J.W., Kimball, B.A., Ewert, F., Asseng, S., Rezaei, E.E., Pinter, P.J., Hatfield, J.L., Reynolds, M.P., Ababaei, B., Bindi, M., Doltra, J., Ferrise, R., Kage, H., Kassie, B.T., Kersebaum, K.-C., Luig, A., Olesen, J.E., Semenov, M.A., Stratonovitch, P., Ratjen, A.M., LaMorte, R.L., Leavitt, S.W., Hunsaker, D.J., Wall, G.W., Martre, P., 2018. Physical robustness of canopy temperature models for crop heat stress simulation across environments and production conditions. *Field Crops Res.* 216, 75 – 88. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.11.00>

Übersicht der Dauerfeldversuche in Deutschland anhand von strukturierten Metadaten

Meike Grosse und Wilfried Hierold

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

Einleitung

Es ist eine Aufgabe des Datenzentrums im BonaRes-Zentrum für Bodenforschung, Daten und Metadaten von landwirtschaftlichen Dauerfeldversuchen (DFV) in Deutschland zu erfassen, zusammenzustellen und für Recherchen besser sichtbar zu machen. Für BonaRes gelten Versuche als DFV, wenn eine mindestens zwanzigjährige Laufzeit, ein statisches Design und ein Bezug zur Bioökonomie vorliegen. Insgesamt wurden 200 DFV in Deutschland identifiziert. Metadaten aller Versuche wurden in einer Online-Übersichtskarte zusammengestellt und sind seit März 2017 unter der URL <https://dfv-karte.bonares.de/> frei zugänglich. Die Online-Karte existiert außer in deutscher auch in englischer Sprache.

Material und Methoden

Quellen der umfangreichen Recherche 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. Stand der Recherche ist der 05.07.2018.

Ergebnisse und Diskussion

141 Versuche von 200 sind aktuell in Betrieb, die anderen wurden bereits wieder beendet. Das Versuchsthema der meisten DFV ist Düngung (n=154). Fragestellungen zur Fruchtfolge werden in 31 DFV untersucht. Als Fruchtfolge-DFV zählen Versuche, bei denen Fruchtfolge ein Faktor ist, d.h. der Effekt der Fruchtfolge auf etwas untersucht wird.

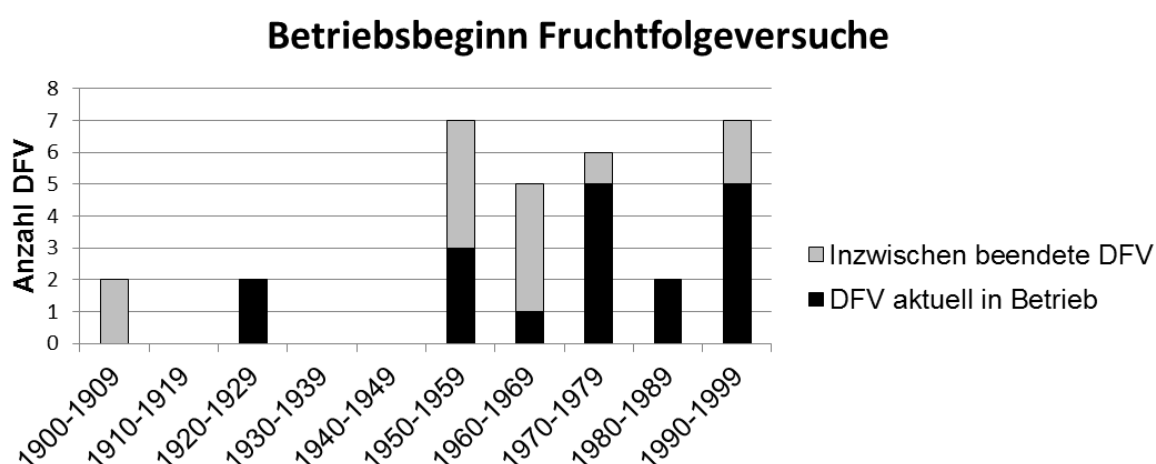


Abb. 1: Betriebsbeginn der in Deutschland vorhandenen Fruchtfolgeversuche

Die meisten Fruchtfolge-DFV wurden nach 1950 errichtet (Abb. 1). Von den 31 Fruchtfolge-DFV sind derzeit noch 18 Versuche in Betrieb. Der älteste bestehende Fruchtfolge-DFV wurde 1922 in Freising von der TU München eingerichtet.

Um die verschiedenen Standorte zu charakterisieren werden in der folgenden Tabelle 1 Bodentyp und Textur exemplarisch für bestehende Fruchtfolge-DFV wiedergegeben. Da die Angaben verschiedenen Quellen entstammen, handelt es sich nicht um eine einheitliche Nomenklatur.

Tab. 1: Boden(sub)typ und Textur zu den laufenden Fruchtfolgeversuchen

Versuchsstandort	Bodentyp ¹	Textur ²	Quelle
Berlin-Dahlem	Parabraunerde-Braunerde (Albic Luvisol)	Su	1
Bernburg	Löss- Schwarzerde (Tschernosem)	Lu	2
Freising	(Acker) Braunerde	Lsu	3
Gießen	Brauner Auenboden (allochtone Vega)	Tu	Steckbrief
Göttingen	Parabraunerde aus Löss (Haplic Luvisol)	Ut3	Steckbrief
Klein Altendorf	Parabraunerde	Ul	4
Lauterbach	Berglehm-Braunerde	Usl	5
Puch	Braunerde-Parabraunerde	Lu	Steckbrief
Puch	Pseudogley-Parabraunerde	Ls	6
Rauischholzhausen	Parabraunerde	Ls3	Steckbrief
Thyrow	Tieflehm-Fahlerde (Albic Luvisol)	Su2	7
Viehhausen	Braunerde	Lu	6

¹ Bodensystematische Einheit nach verschiedenen Standards, i.d.R. Originalangaben, leicht harmonisiert.

² Bodenart des Oberbodens nach diversen Standards (Bodenartendiagramm), selten nach KA5, bearbeitet.

Weitere Details zu den Fruchtfolge-DFV sowie zur Gesamtsituation der DFV in Deutschland sollen Teil der Präsentation sein.

Literatur

- 1 Peschke H. (Hrsg.) (1997): Einfluss der Bodennutzung auf die langfristige Entwicklung von Fruchtbarkeit und Ertragsfähigkeit sandiger Böden. Dokumentation Dauerfeldversuche HUB. ISBN 3-929 603-66-7
- 2 Urbatzka P. et al. (2011): Status-Quo-Analyse von Dauerversuchen: Bestimmung des Forschungsbedarfes für den ökologischen Landbau. BÖLN-Bericht-ID 19317
- 3 Bosch M. & A. Amberger (1986): Einfluss langjähriger Düngung mit verschiedenen N-Formen auf die Phosphat-Dynamik einer Ackerbraunerde. Z.Pflanzenern.Bodenk.149,51-59.
- 4 Kunz, A. & Völkerling (2015): Feldversuche Campus Klein-Altendorf. Versuchsführer.
- 5 Körschens M. (Hrsg) (1990): Dauerfeldversuche, Übersicht, Entwicklung und Ergebnisse von Feldversuchen mit mehr als 20 Jahren Versuchsdauer, Akademie der Landwirtschaftswissenschaften, ISBN 9783744000789
- 6 Castell A. et al. (2016): Fruchtfolgen im ökologischen Landbau - Pflanzenbaulicher Systemvergleich in Viehhausen und Puch. Schriftenreihe der LfL. ISSN 1611-4159
- 7 Peschke H. (1997): 60 Jahre Statische Versuche in Thyrow - Bedeutung, Ergebnisse und Ausblick. Archives of Agronomy and Soil Science, 42:3-4, 169-179, DOI: 10.1080/03650349709385725

Kohlenstoffflüsse und -budgets intensiver Ackerfruchtfolgen in zwei klimatisch unterschiedlichen Regionen Südwestdeutschlands

Arne Poyda^{1,2}, Hans-Dieter Wizemann³, Joachim Ingwersen¹, Pascal Kremer¹,
Petra Högy⁴ und Thilo Streck¹

¹Institut für Bodenkunde und Standortslehre, Biogeophysik, Universität Hohenheim, Stuttgart; ²Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau, Christian-Albrechts-Universität zu Kiel; ³Institut für Physik und Meteorologie, Universität Hohenheim, Stuttgart; ⁴Institut für Landschafts- und Pflanzenökologie, Pflanzenökologie und Ökotoxikologie, Universität Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: apoyda@gfo.uni-kiel.de

Einleitung

Aufgrund ihrer großen räumlichen Ausdehnung und der regelmäßigen Bearbeitung des humosen Oberbodens, besitzen landwirtschaftliche Flächen unter Ackernutzung eine potentiell große Bedeutung für den globalen Kohlenstoffkreislauf. In Deutschland haben die CO₂-Emissionen aus Ackerflächen seit 1990 kontinuierlich zugenommen, es fehlt jedoch an umfassenden, kontinuierlichen Messungen des CO₂-Austausches, die die zeitliche und räumliche Variabilität unterschiedlicher Standorte abbilden. Durch einen Nutzungswandel von Wald- oder Grünlandflächen zu Acker werden in der Regel deutliche Verluste des Bodenkohlenstoffvorrates hervorgerufen. Aus Langzeitbeobachtungen der Boden-C-Gehalte unter Ackernutzung geht jedoch hervor, dass sich diese Systeme nach mehreren Jahrzehnten tendenziell im Gleichgewicht befinden und keine C-Quellen mehr darstellen (Körschens et al., 2014). Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Auswirkungen unterschiedlicher Standortbedingungen, der Witterung sowie verschiedener Kulturen auf die Kohlenstoffflüsse und -budgets von Ackerflächen zu untersuchen.

Material und Methoden

In den beiden pedoklimatisch unterschiedlichen Regionen Baden-Württembergs Kraichgau (319 m ü. NN, Jahresdurchschnittstemperatur 9.4 °C, mittlerer Jahresniederschlag 889 mm) und Schwäbische Alb (690 m ü. NN, Jahresdurchschnittstemperatur 7.5 °C, mittlerer Jahresniederschlag 1042 mm) wurden über acht Jahre (2010 – 2017) Messungen des Nettoökosystemaustausches (NEE) von CO₂ über intensiv genutzten Ackerflächen durchgeführt. Die Messungen erfolgten mittels Eddy-Kovarianz-Technik auf drei benachbarten Flächen je Region. Zusätzlich wurden die C-Mengen, die über organische Düngemittel ausgebracht sowie mit dem Erntegut von den Flächen exportiert wurden berücksichtigt, um flächenbezogene C-Bilanzen zu berechnen (Nettobiomproduktivität, NBP).

Ergebnisse und Diskussion

Übereinstimmend mit anderen mehrjährigen Eddy-Kovarianz-Studien in Deutschland und Europa, wurden für alle sechs untersuchten Flächen Netto-C-Verluste festgestellt. Der mittlere jährliche C-Verlust aus 46 Flächenjahren lag dabei bei 1.2 t C ha⁻¹ mit flächenspezifischen Werten zwischen 0.7 und 2.0 t C ha⁻¹. Es konnte kein signifikanter Effekt der unterschiedlichen Regionen oder Flächen auf die Jahresbudgets von NEE oder NBP festgestellt werden. Die Variabilität der Budgets wurde im Wesentlichen von den unterschiedlichen Kulturarten und interannuellen Effekten, und somit der Witterung und dem Flächenmanagement, bestimmt. Von den vier am häufigsten angebauten Kulturen wies Winterraps die geringsten Netto-CO₂-

Aufnahmen auf, so dass in Kalenderjahren, in denen Winterraps geerntet wurde, zum Teil bereits ohne Berücksichtigung der geernteten Biomasse, C-Verluste beobachtet wurden (Abb. 1). Aufgrund der sehr hohen C-Exporte über die Ernte, entstanden jedoch die signifikant höchsten C-Verluste in Silomaisjahren, während Wintergerste Netto-C-Aufnahmen aufwies und für Jahre in denen Winterweizen geerntet wurde eine im Mittel neutrale NBP, mit jedoch hoher Variabilität, beobachtet wurde.

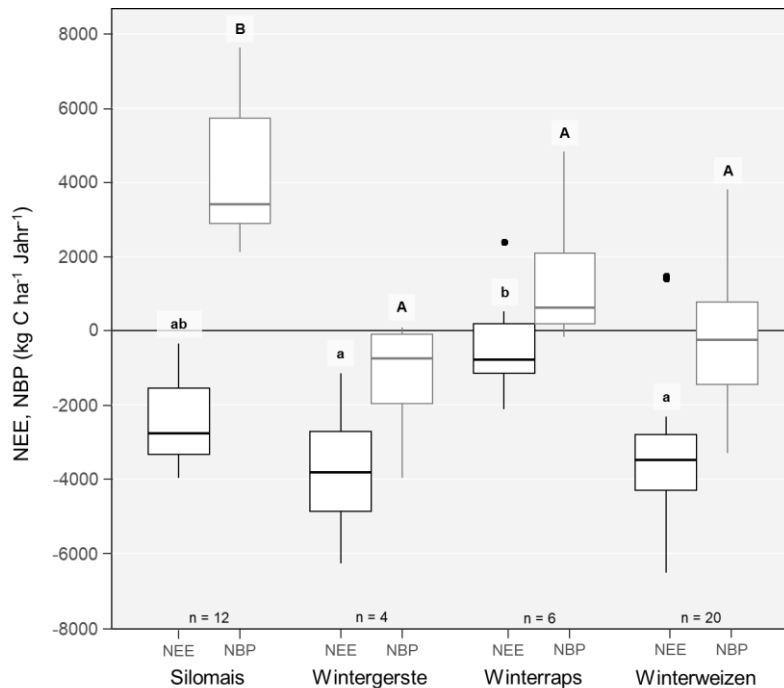


Abb. 1: Jahresbudgets von Nettoökosystemaustausch (NEE) und Nettobiomproduktivität (NBP) für die Erntejahre der vier am häufigsten angebauten Kulturen auf den sechs Beobachtungsflächen. Unterschiedliche Klein- und Großbuchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede in den Jahresbudgets von NEE bzw. NBP ($p < 0.05$).

Aus den Ergebnissen geht hervor, dass die Kohlenstoffbudgets von Agrarökosystemen und insbesondere Ackerflächen eine enorm hohe zeitliche und räumliche Variabilität aufweisen, deren Erfassung vieljährige Messreihen notwendig macht. Obwohl auf den untersuchten Standorten seit vielen Jahrzehnten eine Ackernutzung vorliegt, zeigten diese im Mittel deutliche C-Verluste. Dies lässt sich vor allem auf die Zunahme des Silomaisanbaus in der jüngeren Vergangenheit zurückführen. Bedingt durch die starke Zunahme der Nutzung von Maissilage in Biogasanlagen (Kraichgau) und der Milchviehhaltung (Schwäbische Alb) und die damit verbundenen hohen Maisanteile in den Fruchtfolgen, ist davon auszugehen, dass sich die Humushaushalte dieser Standorte derzeit noch einem neuen Gleichgewichtszustand, auf geringerem Niveau, annähern. So konnte festgestellt werden, dass mit jedem zusätzlichen Prozentpunkt der C-Exporte an der NBP sich diese um etwa $170 \text{ kg C ha}^{-1} \text{ Jahr}^{-1}$ erhöhte ($R^2 = 0.84$). Das Management der Ernterückstände stellt somit eine zentrale Stellschraube für einen ausgeglichenen Humushaushalt unter Ackernutzung dar.

Literatur

Körschens, M., Albert, E., Baumecker, M. et al. (2014): Humus and climate change – results of 15 long-term experiments. Arch. Agron. Soil Sci., 60:11, 1485-1517.

Fruchtfolge- und Bewirtschaftungseffekte auf den Ertrag von Winterweizen im Systemversuch Harste

Philipp Götze und Heinz-Josef Koch

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

Einleitung

Winterweizen honoriert eine günstige Fruchtfolgestellung, z.B. nach den Vorfrüchten Winterraps oder Erbse, durch einen deutlichen Mehrertrag gegenüber dem Anbau in Selbstfolge (Christen, 2001). Dieser Sachverhalt wurde auch im Systemversuch Fruchtfolge in Harste nachgewiesen (Koch et al., 2017). Der Anbau von Winterweizen in einmaliger Selbstfolge (Stoppelweizen) ist in der Praxis aus wirtschaftlichen Gründen jedoch weit verbreitet. Auf Grundlage langjähriger Ertragsdaten aus dem Systemversuch Fruchtfolge in Harste soll der Einfluss der Vorfrucht und der Einfluss der Rübenblattdüngung auf den Kornertrag von Stoppelweizen quantifiziert werden.

Material und Methoden

Der Systemversuch Fruchtfolge wurde im Jahr 2006 in Harste (Landkreis Göttingen) etabliert. In diesem Versuch werden 8 Fruchtfolgen getestet, wobei für die vorliegende Analyse die Fruchtfolgen ZR (Zuckerrübe)-WW (Winterweizen)-WW, SM (Silomais)-WW-WW, WR (Winterraps)-WW-WW und ZR-WW-WR-WW-WW-KE (Körnererbse) sowie WW-Monokultur betrachtet werden. Vor ZR und SM wird Senf und vor KE Phacelia als Zwischenfrucht angebaut. Die Erntereste (ZR-Blatt, WW-, KE-, WR-Stroh) verbleiben auf dem Feld. In einer zusätzlichen Variante der Fruchtfolge ZR-WW-WW wurden die Parzellen geteilt und das Rübenblatt wird 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. Im gesamten Versuchszeitraum wurde die Winterweizensorte „Cubus“ (A, KWS LOCHOW) angebaut. Die varianzanalytische Auswertung und anschließende Mittelwertvergleiche erfolgen über die Prozedur „mixed“ in SAS (Vers. 9.4, SAS Inst.). Für die Auswertung werden die Jahre 2009-2017 herangezogen, da dieser Zeitraum drei vollständigen Rotationen bzw. 1,5 Rotationen bei ZR-WW-WR-WW-WW-KE entspricht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Differenzen im Kornertrag von Stoppelweizen nach unterschiedlichen Vorfruchtkombinationen waren im Mittel der Jahre gering (Tab.1). Der Stoppelweizen in Fruchtfolgen erreicht keinen signifikant höheren Ertrag als der Anbau von WW in Monokultur. Jedoch wies die Vorfruchtkombination WR-WW in der sechsfeldrigen Fruchtfolge sowie die Vorfruchtkombination ZR-WW (++) Blatt einen signifikant höheren Kornertrag auf als die Vorfruchtkombination ZR-WW (- Blatt).

Vergleicht man den Kornertrag von Rübenweizen (Vorfruchtkombination WW-ZR) und Stoppelweizen (Vorfruchtkombination ZR-WW) bei Zufuhr bzw. Abfuhr von Rübenblatt, so wird deutlich, dass die Rübenblattdüngung den Kornertrag des Stoppelweizens stärker positiv beeinflusst (max. 6% relativ) als den Kornertrag des Rübenweizens (max. 2 % relativ, Tab. 2). Dieser Effekt prägte sich erst in den letzten beiden Fruchtfolgerotationen aus.

Die Ergebnisse deuten an, dass durch die Zufuhr leicht umsetzbarer organischer Substanz (Winterrapsstroh bzw. Rübenblatt) in der Vor-Vorfrucht auch der Kornertrag von Stoppelweizen positiv beeinflusst wird. Gründe hierfür werden z.B. in einer geringeren Immobilisation von Stickstoff in den Ernteresten des Blattweizens oder in einer erhöhten Bodenfruchtbarkeit vermutet. Um dies zu bestätigen sind allerdings weitergehende Untersuchungen notwendig.

Tab. 1: Kornertrag von Stoppelweizen nach unterschiedlicher Vorfrucht-Kombination (WW – Winterweizen, ZR – Zuckerrübe, SM – Silomais, WR – Winterraps, FF – Fruchtfolge) und Rübenblattdüngung (++ doppelte Menge, + einfache Menge, - ohne). Mittelwert für den Zeitraum 2009-2017, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen (Tukey – Test, $\alpha = 5 \%$, rel. - relativ).

Vorfrucht Kombination	dt ha ⁻¹	rel.
WW-WW (Monokultur)	9.52 ab	100
ZR-WW (- Blatt)	9.21 b	96
ZR-WW (+ Blatt)	9.50 ab	99
ZR-WW (++) Blatt)	9.70 a	102
SM-WW	9.46 ab	99
WR-WW (kurze FF)	9.65 ab	101
WR-WW (lange FF)	9.83 a	103
Mittelwert	9.55	100

Tab. 2: Einfluss der Rübenblattdüngung (++ doppelte Menge, + einfache Menge, - ohne) nach Zuckerrüben in der Fruchtfolge ZR-WW-WW auf den Kornertrag von Rübenweizen (RW) und Stoppelweizen (SW), bei Betrachtung verschiedener Versuchszeiträume (Rotationen). Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Differenzen innerhalb eines Versuchszeitraumes (Tukey – Test, $\alpha = 5 \%$, rel. - relativ).

Zeitraum Ertrag	2009-2011 dt ha ⁻¹ rel.	2012-2014 dt ha ⁻¹ rel.	2015-2017 dt ha ⁻¹ rel.	2012-2017 dt ha ⁻¹ rel.
RW	++ 10.66 a 98	10.30 a 106	9.15 a 105	9.72 a 106
	+ 10.94 a 101	10.25 a 105	9.06 ab 104	9.65 ab 105
	- 10.91 a 101	10.25 a 105	8.87 ab 102	9.56 ab 104
SW	++ 11.01 a 101	9.54 ab 98	8.55 ab 98	9.04 bc 98
	+ 10.96 a 101	9.10 b 94	8.42 ab 97	8.76 c 95
	- 10.66 a 98	8.92 b 92	8.05 b 93	8.48 c 92
Mittelwert	10.86 100	9.73 100	8.68 100	9.21 100

Literatur

- Christen, O. (2001) Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Pflanzenbauwissenschaften, 5 (1), 33-39
- Koch, H.-J., Teiwes, K., Boess, J., von Breitenbuch, C., Hardege, H., Märlander, B. (2017) Effiziente Tier- und Pflanzenproduktion in Südniedersachsen. DBG Mitteilungen Bd. 118. 39-47.

Influence of land use managements on maize yield in a 9-year long field study

Thanh Hien Huynh^{1,2,3}, Sonoko D. Bellingrath-Kimura^{1,2}, J. Hufnagel² and Angelika Wurbs²

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

Changes in land use (e.g., crop rotation) and soil management systems such as irrigation and soil tillage often create changes in soil quality and strongly influence soil properties (Kilic et al. 2012) and thus crop yield (Fan et al. 2012, Ali et al. 2018). Still, there is a lack of knowledge about the relative importance and development of tillage, irrigation and rotation effects. Cumulative effect of different tillage methods on maize cropping system (monoculture or in rotation) is not well understood. Thus, the study aimed to assess the effects of land use management of tillage, irrigation and cropping system methods on maize biomass yield from a 9-year field study from 2008-2016 at experimental ZALF station in Müncheberg, Germany.

Material and Methods

The experimental field was a split-plot-site with 3 replications with 3 management factors; Tillage methods (no till and plough), irrigation treatments (rainfed and irrigated) and crop rotation (monoculture and rotation). Monoculture consisted of silage maize with winter-rye as catch crop, the rotation consisted of a 4-year rotation with silage maize – winter rye/ forage sorghum – winter triticale – Lucerne (silage was harvested as whole plant). Generalized Linear Models (GLMs) for their development on dry maize biomass yield, then Generalized Estimating Equations (GEEs) as marginal models were mainly applied to explore the treatment effects.

Results and Discussion

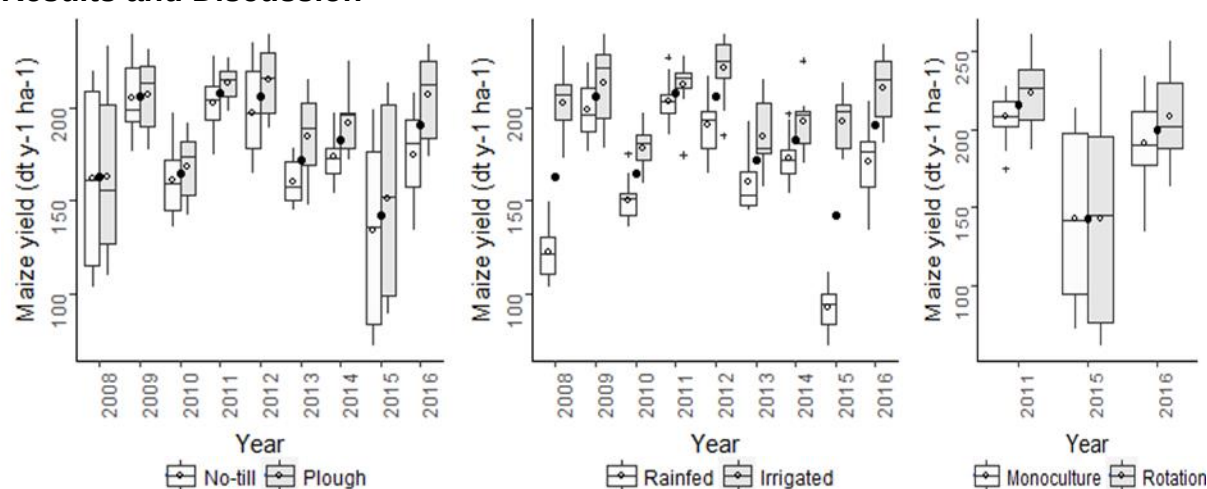


Figure 1. Annual maize biomass yields under the impacts of tillage, irrigation and crop rotation land use management from 2008 – 2016

Tillage showed significantly affected after 3 years and continuously lasted through year 9 (Fig. 1). Unlike the study by Linden et al. (2000), yield differences due to tillage began to appear after 5 years and continued through years. The interaction effects among tillage, irrigation and crop rotation changed sensitively under the annual weather patterns, especially under very dry condition in 2015.

Table 1. Influence of land use management on maize yield basing on marginal model fitted by Generalized Estimating Equation for repeated measurements analysis of a 9-year field study

Treatments	2-factor analysis			3-factor analysis		
	Df	χ^2	Pr (> Chi)	Df	χ^2	Pr (> Chi)
Tillage	1	3	.083 .	1	6.6	.0101 *
Irrigation	1	243	<2e-16 ***	1	271.7	<2e-16 ***
Rotation				1	3.9	.0481 *
Till.:Irrig.	1	0	.995	1	1.7	.1867
Till.:Rota.				1	15.5	8.3e-05 ***
Irrig.:Rota.				1	6.7	.0096 **
Till.:Irrig.:Rota.				1	1.8	.1779

Significant codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Irrigation treatment had a significant effect on crop yield in the test region with high water stress (Table 1). The impact of tillage was not robust in the 9 years, showing significant effect only at 90% CI. The results disagree with the fact that tillage impact on crop yield was related to water and nutrient use efficiencies and ultimately the agronomic yield (Busari et al., 2015). Three-factorial analysis showed that 3 main effects were certainly significant through years. However, the interaction effects were sensitively changed under the uncertainty and changes of annual weather patterns.

It can be concluded, that maize biomass yields were significantly affected by tillage, irrigation and cropping system. However, irrigation and rotation immediately effected maize yield from the first year while tillage started to significantly effect from the fourth year. Comparing to other studies, the tillage effect was relatively developed faster than Linden et al. (2000) as an example.

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.
- Busari, M.A., et al. (2015). Conservation tillage impacts on soil, crop and the environment. *International Soil and Water Conservation Research* 3, 119-129.
- Fan R, Zhang X-P, Liang A, Shi X, Chen X, Bao K, Yang X, Jia S. 2012. Tillage and rotation effects on crop yield and profitability on a Black soil in northeast China.
- 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.
- Linden, D. R., et al. (2000). "Long-term corn grain and stover yields as a function of tillage and residue removal in east central Minnesota." *Soil and Tillage Research* 56(3-4): 167-174.

Anpassung der Fruchtfolge zur Steigerung der N-Effizienz und Reduktion der N-Bilanzsalden im intensiven Ackerbau

Ingo Pahlmann, Klaus Sieling und Henning Kage

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

Einleitung

In der gesellschaftlichen Diskussion um die Gestaltung und spezifische Intensität bestehender und zukünftiger Landnutzungssysteme steht der Stickstoff(N)-Einsatz häufig im Fokus. Insbesondere auftretende N-Verluste ins Grundwasser oder in Oberflächengewässer, die Klimawirkung möglicher Lachgasemissionen und der, mit der Herstellung synthetischer N-Dünger einhergehende, hohe Energiebedarf führen zur Forderung nach N-effizienteren Systemen und verringerten N-Bilanzüberschüssen.

Aus agronomischer Sicht existiert eine Vielzahl möglicher Stellschrauben, um die N-Effizienz der Anbausysteme zu erhöhen. Einige Optionen wären jedoch mit mehr oder minder ausgeprägten Produktivitätsverlusten verbunden (z.B. Extensivierung), andere sind in der Praxis bereits weitestgehend umgesetzt (z.B. reduzierte Bodenbearbeitung). Neben Aspekten der Züchtung und des Pflanzenschutzes bieten aus der pflanzenbaulichen Perspektive vor allem eine verbesserte Prognosegüte des optimalen (ggf. teilflächenspezifischen) N-Düngeraufwands und eine Anpassung der Fruchtfolgen noch Optimierungspotential.

Veränderungen des Anbausystems, insbesondere die Änderung der Fruchtfolge, stellen einen wesentlichen Eingriff in die Bewirtschaftungsabläufe eines Praxisbetriebs dar und sind mit vielfältigen Unsicherheiten verbunden. Mit Blick auf die N-Effizienz und N-Bilanz kann hier jedoch in intensiven Ackerbausystemen auch dann noch Optimierungspotential vorhanden sein, wenn andere pflanzenbauliche Möglichkeiten bereits weitestgehend ausgeschöpft sind. Anhand eines langjährigen Anbausystemversuchs soll daher untersucht werden, welche N-Effizienzsteigerungen in intensiven Ackerbausystemen noch möglich sind und welche neuen Herausforderungen dadurch gegebenenfalls entstehen.

Material und Methoden

Die Analyse der (kombinierten) Wirkung von Bodenbearbeitung und Fruchtfolge wird anhand der Daten eines auf dem Versuchsgut Hohenschulen bei Kiel etablierten Anbausystemversuchs durchgeführt. Ab dem Erntejahr 2007 liegen Ertrags- und (teilweise) Qualitätsdaten aus vier Anbausystemen mit variierter N-Düngung vor.

Die ersten beiden Systeme sind Winterraps – Winterweizen – Wintergerste Fruchtfolgen, im ersten Szenario durchgehend mit Pflugeinsatz zu jedem Fruchtfolgeglied, im zweiten Fall durchgehend mit nichtwendender Bodenbearbeitung. Im dritten Anbausystem wird diese Fruchtfolge durch Silomais zu Winterraps – (Zwischenfrucht) – Silomais – Winterweizen – Wintergerste erweitert, wobei zum Raps und nach Weizen gepflügt wurde. In der vierten Variante wird eine Körnerleguminose vor den (pfluglos bestellten) Raps gestellt und die Gerste entfällt.

Für die Früchte der vier vorgestellten Anbausysteme wurden Ertrags- und N-Entzugsfunktionen in Abhängigkeit der variierten N-Düngung angepasst. Die Parameter sowie deren Variation und Korrelation (inkl. der Korrelation zwischen Ertrags- und Entzugsparemtern) bildet die Ausgangslage einer nachfolgenden

Monte-Carlo-Analyse. Im Szenario einer jeweils optimal angepassten Düngung (inkl. Berücksichtigung der Weizenqualität) ermöglicht diese zu untersuchen, wie angepasste Fruchtfolgen die Variation und Verteilung der optimalen N-Düngung beeinflussen. Auch die Verteilung der abgeleiteten Bewertungsparameter wie N-Effizienz und N-Bilanz wurde so ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuchsanlage wurde ursprünglich entworfen, um Strategien zur Reduktion von N-Verlusten nach der Winterernte (Henke et al. 2008) zu testen sowie die Treibhausgasbilanz verschiedener Rapsanbausysteme (Pahlmann et al. 2013) zu evaluieren, und ist daher vorrangig auf einer Variation des Rapsanbaus ausgerichtet. Dennoch lassen sich, auch aufgrund der langen Versuchslaufzeit, einige Aspekte zur Anpassung ganzer Anbausysteme beleuchten.

Im Szenario einer jeweils optimal angepassten N-Düngung (inkl. Berücksichtigung der Weizenqualität) überstieg der mittlere N-Bilanzüberschuss den aktuellen Kontrollwert (50 kg N/ha) der novellierten Düngeverordnung (DüV). Das deckt sich mit früheren Ergebnissen von Henke et al. (2007), die bei *ex post* optimierter Düngung unter Berücksichtigung der Weizenqualität ebenfalls N-Bilanzen oberhalb des neuen Kontrollwertes feststellten.

Die Integration einer Sommerung (Silomais) reduzierte den N-Bilanzüberschuss deutlich. Die Bewertung der zusätzlichen Integration einer Körnerleguminose in die Fruchtfolge stellt sich demgegenüber differenzierter dar: Gemäß der DüV ist die Fixierleistung der Körnerleguminose als N-Zufuhr in die Bilanz aufzunehmen, ohne dass eine weitere Verfahrensweise vorgegeben wird. Bei ersatzweiser Anwendung des Ansatzes der Stoffstrombilanzverordnung wären für die im Versuch sehr ertragsstarken Ackerbohnen hohe Bilanzüberschüsse auszuweisen, die die gesamte Fruchtfolgebilanz verschlechtern. Aus der Literatur und bislang nicht publizierten Versuchsdaten ergeben sich jedoch deutlich niedrigere Überschüsse.

Die Erweiterung der Fruchtfolgen und der verbesserte N-Transfer zwischen den Fruchtfolgegliedern geht jedoch mit zunehmend komplexeren Verteilungsmustern der optimalen N-Düngung einher. Es steht zu vermuten, dass eine treffsichere optimale N-Düngung komplexerer Fruchtfolgen in der Praxis schwieriger wird und gegebenenfalls einen höheren Informationsbedarf bedingt.

Literatur

- Henke, J., Böttcher, U., Neukam, D., Sieling, K. und 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.
- Henke, J., Breustedt, G., Sieling, K. und Kage, H. (2007): Impact of uncertainty on the optimum nitrogen fertilization rate and agronomic, ecological and economic factors in an oilseed rape based crop rotation. *The Journal of Agricultural Science*, 145(5), 455-468
- Pahlmann, I., Böttcher, U., Sieling, K. und Kage, H. (2013): Possible impact of the Renewable Energy Directive on N fertilization intensity and yield of winter oilseed rape in different cropping systems. *Biomass Bioenergy* 75, 168-179

Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Maschinenhacke und Mengen herbizider Wirkstoffe

Christel Roß und Nicol Stockfisch

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

Einleitung

Eines der Ziele im Nationalen Aktionsplan Pflanzenschutz ist die Förderung von Pflanzenschutzverfahren mit geringerer Pflanzenschutzmittelanwendung als bisher. Dazu gehört, den Anteil nichtchemischer Methoden im Pflanzenschutz zu erhöhen (BMEL 2017). Die aktuellen Entwicklungen im Bereich der Hackmaschinen bieten vielversprechende Möglichkeiten um mit dem Einsatz der Maschinenhacken zugleich den Herbizidaufwand oder den Anteil behandelter Fläche zu verringern. Diese Studie soll zeigen inwieweit bisher die Aufwandmengen für Herbizide in der Praxis reduziert werden, wenn ganzflächig Maschinenhacken zum Einsatz kommen.

Material und Methoden

Die Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau liefert seit 2010 jährlich Daten zur Produktionstechnik von über 300 Zuckerrüben anbauenden Betrieben in Deutschland (Stockfisch et al. 2013). Am Institut für Zuckerrübenforschung werden sowohl die jährliche Befragung über alle Anbauregionen hinweg koordiniert, als auch die Daten bundesweit für alle Jahre zusammengestellt und unter verschiedenen Aspekten ausgewertet. Da die Anbauverfahren häufig an unterschiedliche regionale Voraussetzungen adaptiert sind, hat sich eine Gliederung der Daten in die vier Regionen Nord, Ost, Süd und West bewährt (Stockfisch et al. 2013).

Ergebnisse und Diskussion

Zwischen 2010 und 2016 wurden insgesamt 2655 Betriebe befragt. Weil die Maschinenhacke in der Region Süd überproportional häufig eingesetzt wird (in 31% der Betriebe) wurden für die durchgeführte Auswertung nur Betriebe aus dieser Region herangezogen. Dabei wurden Anbauverfahren mit und ohne Maschinenhacke verglichen. Die Gruppenstärken fielen durch die Wahl dieses Teildatensets am gleichmäßigsten aus. Wir analysierten 1091 Betriebe aus der Region Süd in zwei Gruppen: 1) 242 Betriebe, die Maschinenhacke mindestens einmal ganzflächig einsetzten 2) 849 Betriebe, die Maschinenhacke nicht ganzflächig einsetzten. Die Gesamtmenge aller herbizider Wirkstoffe wurde zwischen beiden Gruppen verglichen (Wilcoxon-Test). Abb. 1 zeigt signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen für die Gesamtmenge der herbiziden Wirkstoffe. Die Unterschiede rühren sowohl von einer reduzierten Anzahl NAKs in Betrieben mit ganzflächiger Maschinenhacke ($2,92 \pm 0,75$ gegen $3,31 \pm 0,73$) als auch von einem reduzierten Behandlungsindex pro NAK ($0,63 \pm 0,17$ gegen $0,68 \pm 0,17$) (Behandlungsindex siehe BMEL 2017).

Trägt man alle Herbizid- und Maschinenhacke-Anwendungen auf einer Zeitachse nach Tagen ab Aussaat auf, fällt auf, dass die Verteilung der NAKs über die Zeit in Betrieben mit und ohne ganzflächige Maschinenhacke gleich ist. Ein Großteil der Hackanwendungen findet dagegen später statt als die NAKs mit einem Maximum bei 60 Tage nach der Aussaat und damit kurz vor dem Reihenschluss der Zuckerrübe. Ein später Hacktermin beugt möglicher Bodenerosion vor, die unter Umständen

durch die Hackarbeit eher begünstigt wird. Die Erosionsgefährdung eines Standorts scheint aber nicht allgemein gegen das Anwenden der Maschinenhacke zu sprechen, denn unter den Betrieben mit ganzflächiger Maschinenhacke ist ein ähnlicher Anteil mit CC-Einstufung wie unter Betrieben, die keine ganzflächige Maschinenhacke einsetzen.

Eine vom Koordinierungsausschuss am IfZ 2014 bis 2016 durchgeführte Versuchsserie zeigt, dass der Erfolg der Unkrautbekämpfung bei kombinierten Hack- und Spritz-Anwendungen (Reihenspritze) genauso hoch sein kann wie bei ausschließlicher Anwendung von Herbiziden. Auch die Erträge fallen nach erfolgreicher Unkrautbekämpfung im kombinierten Verfahren nicht geringer aus und die Kosten sind vergleichbar, sodass Hackanwendungen auch für Betriebe, die sie bisher noch nicht anwenden, attraktiv sein könnten.

Literatur

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) (2017) Nationaler Aktionsplan zur nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln, BMEL Bonn

Stockfisch, N.; Gallasch, M.; Reineke, H.; Trimpler, K.; Mielke, C.; Reiners, M., Risser, P.; Schmitz, K. und Märländer, B. (2013) Betriebsbefragung zur Produktionstechnik im Zuckerrübenanbau: Datenbasis und Basisdaten, Sugar Industry 138 (10), 656-663

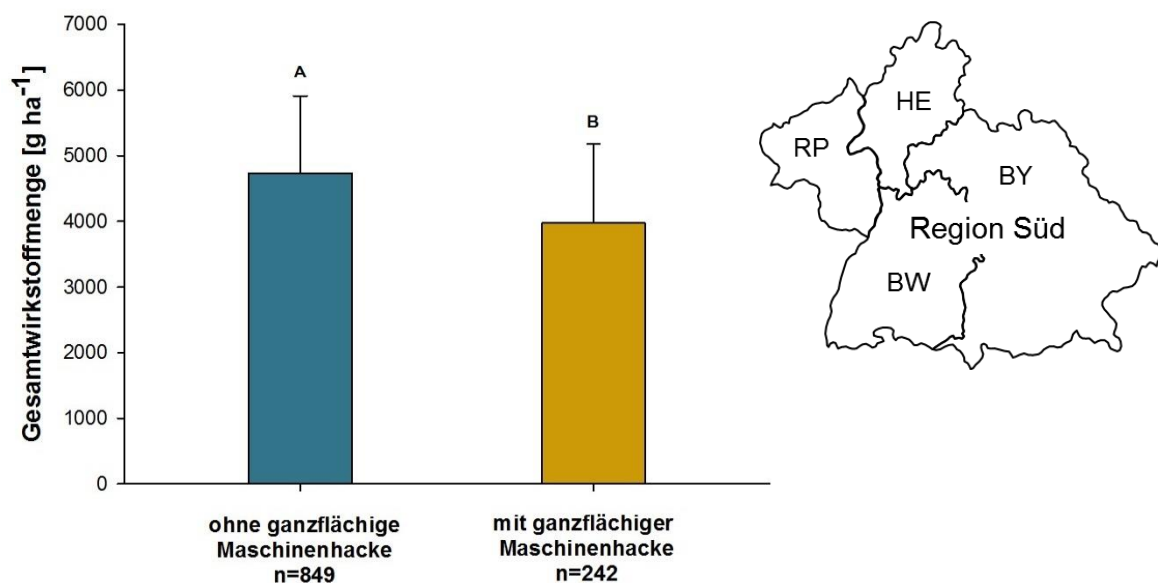


Abb. 1 Menge eingesetzter herbizider Wirkstoffe in Betrieben mit (n=242) und ohne (n=849) ganzflächige Maschinenhacke in der Region Süd. Die Unterschiede sind signifikant.

Kohlenstoffeinträge in den Boden durch landwirtschaftliches Management – Ergebnisse aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft

Anna Jacobs¹, Christopher Poeplau¹, Christian Weiser^{1,2}, Andrea Fahrion-Nitschke¹ und Axel Don¹

¹Thünen-Institut für Agrarklimaschutz, Braunschweig; ²Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe, Gülzow. E-Mail: anna.jacobs@thuenen.de

Einleitung

Organischer Kohlenstoff (C_{org}) im Boden ist eine Schlüsselgröße für die Bodenfruchtbarkeit. Der C_{org} -Vorrat im Boden wird, neben Standorteigenschaften, durch C_{org} -Einträge aus dem landwirtschaftlichen Management bestimmt. Die bundesweite Bodenzustandserhebung Landwirtschaft untersucht C_{org} -Vorräte in Böden unter Acker- und Dauergrünlandnutzung und erhebt Management- und Ertragsdaten zu den beprobten Standorten. Ausgehend von diesen Daten können über Standardwerte C_{org} -Einträge in den Boden berechnet werden (z. B. Bolinder et al. 2007). Diese Standardwerte sind jedoch nicht spezifisch für Anbau und Sorten unter mitteleuropäischen Bedingungen. Ziel der Arbeit war es, aktuellste Kenntnisse über C_{org} -Allokation in verschiedensten Kulturarten (Bolinder et al. 2007, Pausch & Kuzyakow 2018, Poeplau et al. 2018) mit pflanzenphysiologischen Kenngrößen, die für mitteleuropäischen Anbau anwendbar sind, zu kombinieren um schließlich quellendifferenzierte C_{org} -Einträge in den Boden für jeden erfassten Standort sowie im Mittel für ganz Deutschland zu berechnen.

Material und Methoden

Ausgehend von der umfassenden Datensammlung zu C_{org} -Allokation, pflanzenphysiologischen Kenngrößen, C_{org} - und Trockensubstanzgehalten (nicht gezeigt) wurden auf Basis der erhobenen Managementdaten und der angegebenen Hauptfrucht- bzw. Grünlanderträge mittlere jährliche C_{org} -Einträge durch landwirtschaftliches Management für das gesamte Bundesgebiet berechnet. Quellen für C_{org} -Einträge bei Ackernutzung waren: (i) Nebenernteprodukt, (ii) Stoppeln, (iii) Wurzeln, (iv) Rhizodeposition, (v) Zwischenfrüchte, (vi) organische Dünger; bei Dauergrünlandnutzung: (i) Stoppeln, (ii) Mulchschnitt, (iii) Wurzeln, (iv) Rhizodeposition, (v) organische Dünger, (vi) Exkrememente weidender Tiere.

Ergebnisse und Diskussion

Für 1796 Standorte unter Ackernutzung wurden mittlere jährliche C_{org} -Einträge von $3,8 \pm 1,3 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ ermittelt (Abb. 1). Minimale Werte $< 1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ wurden für Standorte mit Gemüse- und Getreidebasierten Fruchtfolgen bei Strohabfuhr und ohne Düngung oder mit ausschließlich Mineraldüngung festgestellt – Maximalwerte von $> 10 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ bei Kompostdüngung und Kulturarten mit hohen Ernterestmengen (Zuckerrübe, Körnermais). Hauptquelle für C_{org} -Einträge (82%) waren nicht abgefahrenere Ernte- (1477 Standorte: $1,4 \pm 0,9 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$), Stoppel- ($0,3 \pm 0,1 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$) sowie Wurzelreste (inkl. Rhizodeposition; $1,6 \pm 0,4 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$). Organische Dünger wurden auf 1139 Standorten unter Ackernutzung ausgebracht und waren für Einträge von $0,7 \pm 0,6 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$ verantwortlich. Zwischenfrüchte wurden lediglich an 613 Standorten angebaut und lieferten im Mittel C_{org} -Einträge von $0,8 \pm 0,5 \text{ t C ha}^{-1} \text{ a}^{-1}$.

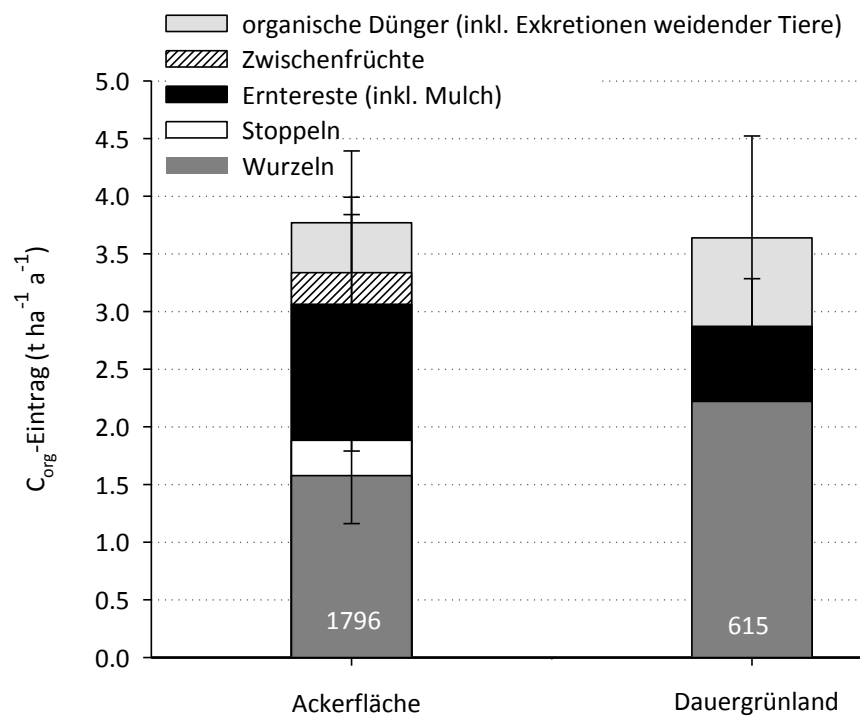


Abb. 1: Mittlere jährliche Einträge an organischem Kohlenstoff (C_{org}) aus landwirtschaftlichem Management in Böden aus der Bodenzustandserhebung Landwirtschaft.

Auf 615 Dauergrünlandstandorten lagen die mittleren jährlichen C_{org} -Einträge bei $3,6 \pm 1,2\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$, die im Wesentlichen aus Wurzelresten (66% inkl. Rhizodeposition; $2,2\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$) und Mulchschnitten (17%; $0,7 \pm 0,4\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$) bestanden (Abb. 1). Minimale Werte $< 2,4\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ kamen an Standorten mit geringer Ertragsleistung ohne Mulchschnitt und Düngung zu Stande – Maximalwerte $> 10\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$ fielen durch Beweidung auf. An 485 Standorten unter Dauergrünlandnutzung (ausgebracht und/oder Exkretionen weidender Tiere) lagen die mittleren jährlichen C_{org} -Einträge durch organischer Düngung bei $1,0 \pm 0,9\ t\ C\ ha^{-1}\ a^{-1}$.

Durchaus überraschend waren die leicht höheren C_{org} -Einträge unter Acker- gegenüber Dauergrünlandnutzung, da in der Literatur der in der Regel höhere C_{org} -Vorrat im Boden unter Dauergrünlandnutzung mit höheren C_{org} -Einträgen begründet wird.

Literatur

- Bolinder, M.A., H.H. Janzen, E.G. Gregorich, D.A. Angers, A.J. Van den Bygaart (2007): An approach for estimating net primary productivity and annual carbon inputs to soil for common agricultural crops in Canada. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 118, 29-42.
- Pausch, J., Y. Kuzyakov (2018): Carbon input by roots into the soil: Quantification of rhizodeposition from root to ecosystem scale. *Global Change Biology*, 24, 1-12.
- Poeplau, C., D. Zopf, B. Greiner, R. Geerts, H. Korvaar, U. Thumm, A. Don, A. Heidkamp, H. Flessa (2018): Why does mineral fertilization increase soil carbon stocks in temperate grasslands? *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 265, 144-155.

Welche Einflussfaktoren bestimmen das Wachstum eines Blumenkohlkopfes (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.)

C. Kirschner, A. Fricke und H. Stützel

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

Einleitung

Trotz deutlichen Fortschritts in der Automatisierung in vielen Bereichen der Landwirtschaft, ist Blumenkohlernte auch heute noch sehr zeit- und kostenintensive Handarbeit. Dies ist einer sehr heterogenen Entwicklung der Bestände geschuldet. Trotz der Verwendung von Hybriden konnte diese Heterogenität bis heute nicht verhindert werden. Eine weitere Herausforderung im Blumenkohlanbau liegt in der Verfärbung der Köpfe durch Sonneneinstrahlung, weshalb mit Sichtbarwerden des Kopfes einzelne Blätter der Pflanzen abgeknickt werden, um mit diesen den Kopf zu bedecken.

Zur Automatisierung der Ernte wurde im Rahmen des vom BMBF geförderten Verbundprojektes „VitaPanther“ der Prototyp einer selektiven Erntemaschine für Blumenkohl entwickelt. Zu diesem Zweck wurde ein Ernteprognosemodell auf Einzelpflanzenebene entwickelt. Als Prognosebeginn wurde der Zeitpunkt des Blätterumknickens gewählt, da das Dokumentieren des visuell eingeschätzten Kopfdurchmessers in Kombination mit der Erfassung der individuellen GPS-Koordinaten der Pflanzen gut mit einem handlichen GPS-Gerät (Leica Zeno 20, 2 cm genau) in diesen Arbeitsschritt integriert werden kann. Die aus der Literatur verfügbaren Ernteprognosemodelle für Blumenkohl kalkulieren, basierend auf einer repräsentativen destruktiven Probe (ca. 20 Pflanzen), zu welchem Zeitpunkt 50 % bzw. andere Anteile eines Bestandes die gewünschte Erntegröße erreichen (z.B. Pearson et al., 1994). Die angestrebte Erntegröße hängt von den jeweils aktuellen Marktpreisen ab. Es gibt derzeit zwei vermarktungsfähige Kaliber, die 8er (≥ 12 und < 16 cm) und 6er (≥ 16 und ≤ 18 cm) Köpfe.

Da in unserem Fall der Erntezeitpunkt auf Einzelpflanzenebene prognostiziert wird, ist eine zerstörungsfreie Startmessung bzw. Einschätzung des Kopfdurchmessers von größter Bedeutung.

Material und Methoden

Es wurden zur Parametrisierung (2015) und Evaluierung (2016) des Modells zwei Freilandversuche auf der Versuchsstation Ruthe der Leibniz Universität Hannover mit drei Blumenkohlsorten und 4 bzw. 5 Pflanzterminen in 2-faktoriellen Spaltanlagen durchgeführt.

Das Kopfwachstum von Einzelpflanzen wurde händisch, zerstörungsfrei mit wiederholten Messungen des Kopfdurchmessers erfasst.

Es wurde ein lineares gemischtes Modell zur Analyse der Kopfwachstumsrate (KWR) [$\text{cm} \cdot \text{Cd}^{-1}$] von Blumenkohl auf Einzelpflanzenebene verwendet, um eine, die KWR beschreibende, Differentialgleichung zu entwickeln. Zur Bestimmung der signifikanten erklärenden Variablen wurden schrittweise Varianzanalysen durchgeführt. Deren Einfluss wurde anschließend anhand der „restricted maximum likelihood estimation method“ (REML) geschätzt (Patterson & Thompson, 1971). Mit den

verschiedenen Modellen wurden wie folgt die Kopfdurchmesser (KD) [cm] zu den Messterminen prognostiziert:

$$KD = KDV + KWR * TS,$$

wobei KDV der Kopfdurchmesser [cm] zu Beginn des Messintervalls ist, somit im ersten Messintervall der Startkopfdurchmesser und für jede weitere Prognose der jeweilige vorherige prognostizierte Kopfdurchmesser. TS ist die Temperatursumme [°Cd] des jeweiligen Messintervalls.

Anhand der Berechnung der Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme (Root Mean Square Error, RMSE) [cm] (Barnston, 1992), der die mittlere Abweichung von prognostizierten zu gemessenen Werten berechnet, wurde das beste Modell ausgewählt.

Das finale Modell wurde zur Simulierung des Kopfwachstums in Vensim implementiert. Die berechneten Punkte der Wachstumskurve wurden in Sigmaplot exportiert. Dort wurde ein dynamisches Fitting in eine Exponentialfunktion mit Anstieg zum Maximum durchgeführt. Mit dieser Funktion kann der Kopfdurchmesser von Blumenkohl in beliebigen Zeitintervallen prognostiziert werden. Die entwickelte Exponentialfunktion zur Prognose des Kopfdurchmessers wurde an unabhängigen, im Jahr 2016 erhobenen Daten, evaluiert. Die Modellgüte wurde anhand des RMSE berechnet.

Ergebnisse

Es wurden sechs Prognosemodelle mit unterschiedlicher Komplexität erstellt.

Eines dieser sechs Modelle wurde aufgrund der niedrigsten RMSE-Werte für die Beschreibung der 2015er Daten, an denen es entwickelt wurde, ausgewählt. Die drei Modelle beschreiben die Messwerte mit einer mittleren Abweichung von 1,06 bis 1,22 cm. Die Evaluierung der Modelle anhand der unabhängigen Daten aus 2016 resultierte in ähnlichen RMSE-Werten, weshalb sich sagen lässt, dass erfolgreich ein sortenspezifisches Ernteprognosemodell auf Einzelpflanzenebene zur Automatisierung der Blumenkohlernte entwickelt werden konnten.

Literatur

- Barnston, A.G., 1992: Correspondence among the Correlation, RMSE, and Heidke Forecast Verification Measures; Refinement of the Heidke Score. *Wea Forecasting*, 7, 699-709.
- Pearson, S., Hadley, P., Wheldon, A.E., 1994: A model of the effects of temperature on growth and development of cauliflower (*Brassica oleracea* L. *botrytis*). *Scientia Horticulturae*, 59, 91-106.
- Patterson, H.D., Thompson, R., 1971: Recovery of inter-block information when block size are unequal. *Biometrika*, 58, 545-554.

Predicting maize canopy nitrogen status using the spectral indices CCCI and SCCCCI

L. Koppensteiner¹, G. Fitzgerald², T. Neubauer³, F. Urban¹, H.-P. Kaul¹ and A.M. Manschadi¹

¹Department of Crop Sciences, Division of Agronomy, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna; ² Department of Primary Industries, Primary Industries Research Victoria, Victoria; ³Research Division of Information and Software Engineering, Institute of Information Systems Engineering, Faculty of Informatics, TU Wien, Vienna.
E-Mail: lukas.koppensteiner@students.boku.ac.at

Introduction

Knowledge on crop canopy N status is an essential prerequisite for site- and season-specific nitrogen (N) fertilisation. Using spectral indices, derived from spectral measurements, crop canopy N concentration and content can be predicted in a non-destructive way.

In this study, the spectral indices Canopy Chlorophyll Content Index (CCCI) and Simplified Canopy Chlorophyll Content Index (SCCCI) were combined with the Canopy Nitrogen Index (CNI) to estimate crop N status in maize. CCCI and SCCCCI were developed to detect canopy N whereas CNI accounts for the N dilution effect. N dilution occurs, when the increase in biomass during the growing season exceeds the increase in N uptake. In order to use CCCI/SCCCI and CNI to predict canopy N status, parameterisation is necessary. Coefficients concerning the relationships between NDVI and NDRE, dry mass and N concentration as well as CCCI/SCCCI and CNI need to be calculated.

Overall, the CCCI/SCCCI-CNI approach is currently one of the most promising methods for estimating canopy N status. These indices have successfully been applied to estimate wheat N concentration and content across a wide range of locations and seasons (Fitzgerald et al., 2010; Raper and Varco, 2015). The objective of this study within the FARM/IT (<https://farming.software>) project was (i) to parameterise the CCCI/SCCCI-CNI approach for maize and (ii) to evaluate the performance of these indices in estimating canopy N status in maize.

Materials and Methods

In 2017, a field experiment was conducted at the UFT (Universitäts- und Forschungszentrum Tulln, BOKU), Lower Austria (48°19'14.68" N, 16°04'07.85" E, 178 m) to estimate canopy N status using spectral indices in maize.

Maize (*Zea mays* L., cv. P8400) was sown on May 11th 2017 in a randomised complete block design. Five different N fertilisation levels (0, 40, 80, 120 and 160 kg N ha⁻¹) were randomised in four replications. Each plot was 6 x 10 m within which the central area was undisturbed for final harvest. Destructive plant samples were collected in the remaining plot area.

Data were collected on spectral reflectance of maize canopy, aboveground plant dry mass and N concentration (%N). Hyperspectral measurements were carried out using the FieldSpec HandHeld 2 spectroradiometer (ASD Inc., Colorado, USA).

Results and Discussion

The prediction of %N in maize using the wheat-specific coefficients by Fitzgerald et al. (2010) resulted in very poor estimation of canopy N status (RMSE = 1.8257 %N and CV = 0.5025). Therefore, the maize-specific coefficients describing the relationships between NDVI and NDRE, dry mass and N concentration as well as CCCI/SCCCI and CNI were calculated based on the data collected in this study.

The use of maize-specific coefficients improved the accuracy of %N predictions in maize (RMSE = 0.2593 %N; CV = 0.0714). Moreover, these results are identical for the CCCI approach and the SCCCI approach. Figure 1 shows the prediction of %N using the CCCI approach and maize-specific coefficients.

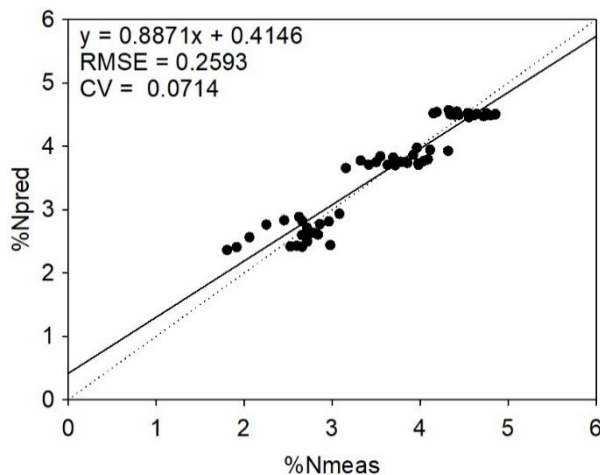


Figure 1: Relationship between measured (%Nmeas) and predicted (%Npred) nitrogen concentration using the CCCI approach and maize-specific coefficients.

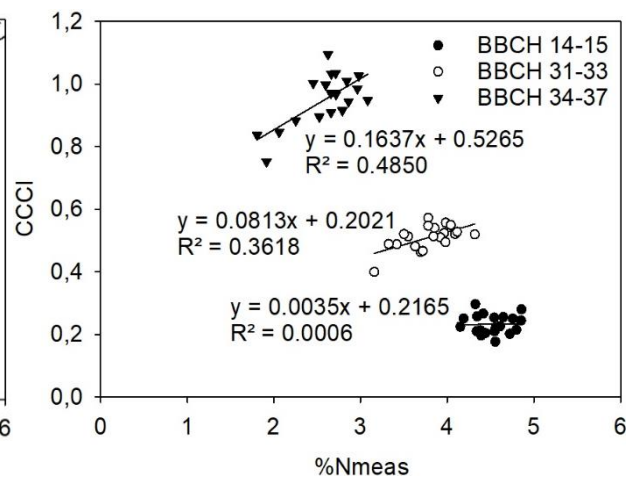


Figure 2: Relationship between measured %N (%Nmeas) and CCCI at different phenological stages of maize.

Generally, the relationship between measured %N and CCCI is positive (Raper and Varco, 2015). Considering all the maize data, collected during maize vegetative growth, the measured %N and CCCI were negatively correlated (Figure 2). However, if individual sampling dates are analysed separately, this relationship is positive.

The coefficient of determination for the relationship between measured %N and CCCI depends on the plant growth stage. Data collected at the third sampling date (BBCH 34-37) shows a superior coefficient of determination value for the relationship between measured %N and CCCI ($R^2 = 0.4850$) compared to earlier sampling dates. Overall, the prediction of %N using the CCCI/SCCCI-CNI approach and maize-specific coefficients is accurate. Nevertheless, more experimental data is necessary to improve the maize-specific coefficients and to test this method across different sites and seasons.

Literature

Fitzgerald, G.; Rodriguez, D. and O'Leary, G. (2010): Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Research* 116, 318-324.

Raper, T. B. and Varco, J. J. (2015): Canopy-scale wavelength and vegetative index sensitivities to cotton growth parameters and nitrogen status. *Precision Agriculture* 16, 62-76.

Ein Bestimmtheitsmaß (R^2) für gemischte Modelle: gibt es das?

Hans-Peter Piepho

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

Einleitung

Erweiterungen des linearen Modells werden häufig gebraucht für die Analyse pflanzenbaulicher Daten. Während Gütemaße wie das Bestimmtheitsmaß (R^2) oder das adjustierte Bestimmtheitsmaß für lineare Modelle etabliert sind, ist nicht offensichtlich ob und wie solche Maße für generalisierte und gemischte lineare Modelle definiert und berechnet werden können. Es gibt mittlerweile verschiedene Vorschläge für Bestimmtheitsmaße für gemischte Modelle, aber noch keinen Konsens, welches am besten geeignet ist. Vor allem ist bisher eine offene Frage, wie Kovarianzen zwischen den Beobachtungen und Varianzheterogenität berücksichtigt werden sollten. Alle bisherigen Vorschläge kranken außerdem daran, dass sie für Anwender wenig anschaulich und schwer zu interpretieren sind. Hier wird ein neues, einfach zu interpretierendes Bestimmtheitsmaß für generalisierte und gemischte lineare Modelle vorgeschlagen (Piepho, 2018), welches Kovarianzen und Varianzheterogenität berücksichtigt, und im Vortrag anhand mehrerer Beispiele illustriert.

Material und Methoden

Das Bestimmtheitsmaß für das lineare Modell $y = X\beta + e$ erfasst den Anteil der durch das Modell erklärten Varianz. Es wird anhand der Fehlerquadratsummen für das betrachtete Modell sowie das sog. Nullmodell berechnet. Im Nullmodell werden alle Effekte herausgelassen, mit Ausnahme des Achsenabschnitts. Man kann das Bestimmtheitsmaß auch wie folgt ausdrücken:

$$\Omega_{\beta} = \frac{\sigma_{e0}^2 - \sigma_e^2}{\sigma_{e0}^2} = 1 - \frac{\sigma_e^2}{\sigma_{e0}^2}.$$

Hierbei ist σ_e^2 die Fehlervarianz des vollen Modells und σ_{e0}^2 die des Nullmodells.

Im linearen gemischten Modell gibt es zwei wichtige Erweiterungen der Varianzstruktur der Daten. Zum einen muss keine Varianzhomogenität mehr angenommen werden. Zum anderen ist zugelassen, dass die Daten untereinander korreliert sind. Varianzheterogenität tritt zum Beispiel in Versuchsserien auf, wo sich die Einzelversuche oft in ihrer Fehlervarianz unterscheiden. Korrelationen treten zum Beispiel dann auf, wenn Messwiederholungen auf derselben Parzelle durchgeführt werden. Auch die Präsenz von zufälligen Effekten, wie beispielweise im Fall einer Spaltanlage, führt zu Korrelationen zwischen den Daten.

Die Grundidee des hier vorgeschlagenen Verfahrens ist, die Varianz eines Datensatzes über die sog. Semivarianz zu quantifizieren. Die Semivarianz ist definiert als die halbe (semi!) Varianz einer Differenz von zwei Beobachtungen. Dieses Maß kann in jedem Fall und für jedes Paar von Behandlungen berechnet werden, unabhängig davon wie kompliziert das Modell ist. Die Semivarianz für zwei Beobachtungen y_1 und y_2 ist definiert als

$$sv(y_i, y_j) = \frac{1}{2} \text{var}(y_i - y_j) = \frac{1}{2} (v_{ii} + v_{jj}) - v_{ij},$$

wobei v_{ii} die Varianz der i -ten Beobachtung ist und v_{ij} die Kovarianz der i -ten und j -ten Beobachtung. Dieses Maß berücksichtigt somit offensichtlich die Varianzen der Beobachtungen, auch wenn diese nicht konstant sind, und ebenso die Kovarianz zwischen den Beobachtungen. Das Maß für die Gesamtvarianz ergibt sich einfach durch Mittelung über alle Paare. Hiermit kann das Bestimmtheitsmaß für das lineare gemischte Modell definiert werden als

$$\Omega_{\beta} = 1 - \frac{\overline{sv}}{\overline{sv}_0},$$

wobei $\overline{sv}$ die mittlere Semivarianz des vollen Modells ist und $\overline{sv}_0$ die des Nullmodells. Für zufällige Effekte kann ein analoges Bestimmtheitsmaß berechnet werden (Piepho, 2018).

Ergebnisse und Diskussion

Der Ansatz wird anhand eines mehrjährigen Versuchs mit 10 Lupinensorten illustriert, der über drei Jahre wiederholt und jeweils als randomisierte vollständige Blockanlage mit sechs Wiederholungen angelegt wurde. Ziel des Versuchs war es zu ermitteln, wie gut sich Ertragsmerkmale durch Fluoreszenzmessungen vorhersagen lassen. Hierbei wurden fünf Fluoreszenzmerkmale (Fv/Fm, psi0, P.I.csm, ETo/CS, Eto/RC) in einer multiplen Regression verwendet (Wiesław Pilarczyk, Poznań Agricultural University, persönliche Mitteilung, 2018). Neben den fixen Regressionstermen und dem Achsenabschnitt umfasste das Modell zufällige Effekte für Sorten, Jahre, Interaktionen Sorte x Jahr, Blöcke innerhalb der Jahre und Restfehler. Für die beiden letztgenannten Effekte wurde Varianzheterogenität zwischen den Jahren angenommen. Es sei betont, dass dieses Modell sowohl eine Korrelation zwischen den Beobachtungen als auch Varianzheterogenität zwischen den Jahre beinhaltet.

Tab. 1: Varianzkomponentenschätzungen (REML) für Nullmodell und volles Modell, Lupinendaten.

Effekt	Varianzkomponentenschätzung	
	Nullmodell	Volles Modell
Sorte	0.01536	0.01481
Jahr	0.6746	0.6683
Sorte x Jahr	0.2247	0.2235
Blocks in Jahr 1	0.1129	0.1042
Blocks in Jahr 2	0.04486	0.04509
Blocks in Jahr 3	0.01611	0.01713
Fehler in Jahr 1	0.2904	0.2943
Fehler in Jahr 2	0.02566	0.02543
Fehler in Jahr 3	0.2317	0.2330

Das Bestimmtheitsmaß für die festen Effekte beträgt $\Omega_{\beta} = 0.0072$, also werden nur 0,72% der Gesamtvarianz durch die Regression erklärt. Die zufälligen Effekte (mit Ausnahme des Restfehlers) erklären dagegen 79.24%.

Literatur

Piepho, H.P. (2018): A coefficient of determination (R^2) for linear mixed models. arXiv preprint arXiv:1805.01124

Index IrA als Werkzeug zur Bewertung von Energiepflanzen

Katharina Hey und Rolf Rauber

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

Einleitung

Mais hat nur ein geringes Aufnahmevermögen für Spurenelemente, v.a. Cobalt und Nickel. Daher reichen bei alleinigem Maisinput in Biogasanlagen die Spurenelemente für eine optimale Methanbildung nicht aus. Um dem Mangel zu begegnen, werden in der Praxis Spurenelementadditive eingesetzt. Diese sind kostspielig und für den Anwender und die Umwelt nicht ganz ungefährlich. Im Verbundprojekt „Spurenelemente durch Energiepflanzen – Stoffströme und Handlungsempfehlungen für eine optimierte Prozessbiologie in Biogasanlagen“ gingen wir der Frage nach, ob durch die Zumischung spurenelementreicher Pflanzen zu Mais eine ausreichende Versorgung für die Vergärung gewährleistet ist und auf die Zugabe von Additiven verzichtet werden kann.

Ziel unseres Teilprojekts „Energiepflanzen für die Biogaserzeugung und der Index der relativen Anbauwürdigkeit“ ist es, ausgewählte spurenelementakkumulierende Pflanzenarten pflanzenbaulich zu charakterisieren und hinsichtlich ihrer Eignung für den Praxisbetrieb zu testen. Der von Menke (2011) entwickelte Index der relativen Anbauwürdigkeit (IrA) wurde wesentlich erweitert. Eine Ausdehnung um weitere pflanzenbaulich wichtige aber auch sozial und ökonomisch ausgerichtete Teilindizes hat stattgefunden. Eine umfassende Bewertung der untersuchten Feldfrüchte als Energiepflanzen ist nun möglich. Durch die Ausgestaltung des Index IrA mit vielfältigen Parametern werden die Stärken und Schwächen einer Art sichtbar. So kann der Index IrA auch als Instrument zur Hilfestellung bei der Anbauentscheidung in der landwirtschaftlichen Praxis eingesetzt werden.

Material und Methoden

In zweijährigen Feldversuchen (2014/15 und 2015/16) wurden an zwei Standorten in Südniedersachsen (Göttingen Reinshof, Auenlehm und Schoningen bei Uslar, sandiger Schluff) verschiedene Feldfrüchte angebaut und untersucht: Das waren zum einen die Winterzwischenfrüchte Wickroggen, Winterackerbohnen, Wintertriticale und ein Gemenge aus Winterackerbohnen und Wintertriticale (Gemenge WAB/WT) im Zweikulturnutzungssystem mit Mais, zum anderen die Sommerhauptfrüchte Sommerackerbohnen, Einjährige Blütmischung, Amarant, Mais und ein Gemenge aus Amarant und Mais. Außerdem gab es die mehrjährigen Arten Deutsches Weidelgras, Mehrjährige Blütmischung und Durchwachsene Silphie, die als Dauerkulturen angelegt wurden. Aus Vorversuchen war bekannt, dass besonders Winter- und Sommerackerbohnen, die im Wickroggen enthaltene Winterwicke, einzelne, in den Blütmischungen enthaltene Arten, der Amarant und das Weidelgras reich an Cobalt und Nickel sind (Sauer et al. 2014). Es fand ein praxisüblicher Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln statt. Die Ernte erfolgte praxisnah.

Zur Bewertung der Varianten wurde der Index der relativen Anbauwürdigkeit (IrA) weiterentwickelt. Der Index IrA setzt sich nun aus neun Teilindizes zusammen:

- Spurenelementgehalt (Cobalt und Nickel)
- Nmin-Menge im Boden über Winter und nach der Ernte
- Trockenmasseertrag (TM-Ertrag)

- Methanausbeute
- Trockensubstanzgehalt (TS-Gehalt)
- Pflanzenverfügbares Wasser im Boden nach der Ernte
- Wurzeltrockenmasse
- Soziale Aspekte (Akzeptanz der untersuchten Feldfrüchte in der Bevölkerung)
- Ökonomische Bewertung.

Günstige Ausprägungen einer Kenngröße, z.B. ein vergleichsweise hoher Trockenmasseertrag oder eine geringe Nmin-Menge im Boden im Winter, führen zu hohen Werten der Teilindizes, ungünstige Ausprägungen entsprechend zu niedrigen. Die Summe der Teilindizes ergibt den Gesamtindex IrA. Je größer der Gesamtindex IrA ist, umso besser wird eine Variante eingestuft.

Formel zur Berechnung der Teilindizes:

(1) am Beispiel des Teilindex TM-Ertrag

$$\text{Teilindex}_{\text{TM-Ertrag}} = \frac{Y}{\bar{Y}} - 1$$

mit Y = Trockenmasseertrag
einer Variante (dt TM ha⁻¹)
 $\bar{Y}$ = arithmetischer Mittelwert der
Trockenmasseerträge aller
Varianten (dt TM ha⁻¹)

(2) am Beispiel des Teilindex Nmin

$$\text{Teilindex}_{\text{Nmin}} = \frac{\bar{Nmin} - Nmin}{\bar{Nmin}}$$

mit $Nmin$ = Nmin-Wert
einer Variante (kg N ha⁻¹)
 $\bar{Nmin}$ = arithmetischer Mittelwert der
Nmin-Werte aller Varianten
(kg N ha⁻¹)

Der Wert eines Teilindex für eine Variante ergibt sich daraus, inwieweit die jeweilige Kenngröße, z.B. der Trockenmasseertrag einer Variante, vom Mittel aller untersuchten Varianten abweicht. Die erste Formel ist so ausgerichtet, dass hohe Werte der Kenngröße zu hohen Teilindexwerten führen. Bei der zweiten Formel hingegen führen niedrige Werte zu hohen Teilindexwerten. Bei den Varianten des Zweikulturnutzungssystems gehen sowohl die Erst- als auch die Zweitfrüchte in die Indexberechnungen ein.

Ergebnisse und Diskussion

In Tab. 1 sind beispielhaft die Ergebnisse für das zweite Versuchsjahr am Standort Reinshof zusammengestellt. Nach dem neunstufigen Bewertungsschema war hier das Deutsche Weidelgras die anbauwürdigste Variante (Abb. 1). Besonders die Teilindizes Nmin und TM-Ertrag der Wurzeln hatten aufgrund der geringen Nmin-Mengen im Boden nach der Ernte wie auch im Winter sowie der hohen Wurzeltrockenmassen große positive Beträge. Einen ähnlichen Wert beim Gesamtindex IrA wiesen auch die Varianten des Zweikulturnutzungssystems auf. Die vergleichsweise hohen Trockenmasseerträge dieser Varianten führten zu großen positiven Beträgen beim Teilindex TM-Ertrag (Abb. 1). Auch der in diesem Jahr vorhandene große Anteil pflanzenverfügbaren Wassers nach der Ernte der Winterzwischenfrüchte schlug positiv zu Buche (Tab. 1). Die Winterackerbohnen im Zweikulturnutzungssystem mit Mais zeigten zudem ihre Stärke bei den Spurenelementgehalten, jedoch auch eine große Schwäche (Abb. 1): Die Winterackerbohnen wiesen im Winter hohe Mengen mineralischen Stickstoffs im Boden auf, vergleichbar mit der Schwarzbrache. Dies bildet der große negative Betrag beim Teilindex Nmin ab (Abb. 1).

Tab. 1: Cobalt- und Nickelgehalt der oberirdischen Biomasse, Trockenmasseertrag, spezifischer Methanertrag, Trockensubstanzgehalt, Nmin im Boden im Winter und nach der Ernte, Trockenmasseertrag der Wurzeln, pflanzenverfügbares Wasser im Boden, Akzeptanz der Feldfrüchte in der Bevölkerung und Deckungsbeitrag I der untersuchten Varianten im zweiten Versuchsjahr (2015/16) am Standort Reinshof. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb

Variante	Cobalt (mg kg ⁻¹ TM)	Nickel (mg kg ⁻¹ TM)	TM- Ertrag (dt ha ⁻¹) **	spez. Methan- ertrag (NI CH ₄ kg ⁻¹ oTM)	TS- Gehalt (%)	Nmin Winter 0-90 cm (kg ha ⁻¹) ***	Nmin Ernte 0-90 cm (kg ha ⁻¹) ****	TM-Ertrag Wurzeln 0-60 cm (dt ha ⁻¹)**	Boden- wasser 0-80 cm (%nFK)	Akzep- tanz (%)	Deckungs- beitrag I (€ ha ⁻¹)**
Wickroggen*	0,007 ^d	0,108 ^f	301 ^a	327	28 ^b	38,9	47,1	26,3 ^{bc}	70	65	1261
Winterackerbohnen*	0,141 ^a	0,621 ^b	284 ^{ab}	284	13 ^g	50,7	62,8	50,8 ^{ab}	69	55	1230
Wintertriticale*	0,009 ^d	0,115 ^{ef}	303 ^a	331	27 ^{cb}	37,7	41,6	26,8 ^{cb}	72	45	1303
Gemenge WAB/WT*	0,057 ^b	0,337 ^c	291 ^a	312	22 ^e	35,9	44,6	42,4 ^{ab}	67	61	1106
Sommerackerbohnen	0,167 ^a	0,814 ^a	112 ^e	299	18 ^f	51,6	35,4	38,0 ^{ab}	31	50	389
Einjährige Blühm.	0,031 ^{bd}	0,249 ^{ce}	135 ^e	270	21 ^e	51,6	10,5	25,1 ^{bc}	21	75	656
Amarant	0,053 ^{bc}	0,191 ^{def}	126 ^e	315	23 ^{ed}	51,6	8,7	3,5 ^c	27	41	692
Mais	0,006 ^d	0,144 ^{ef}	238 ^{bc}	356	34 ^a	51,6	50,7	4,3 ^c	19	37	1377
Gemenge Amarant/Mais	0,009 ^d	0,146 ^{ef}	231 ^{cd}	354	33 ^a	51,6	49,1	6,4 ^c	21	41	1444
Deutsches Weidelgras	0,021 ^{cd}	0,750 ^{ab}	189 ^d	331	26 ^{cd}	10,4	4,1	63,4 ^a	54	57	1070
Mehrfährige Blühm.	0,055 ^b	0,320 ^{cd}	132 ^e	271	32 ^a	18,3	9,9	7,2 ^c	40	80	535
Durchwachsene Silphie	0,028 ^{bd}	0,331 ^c	221 ^{cd}	266	22 ^e	18,0	8,9	23,0 ^{bc}	25	57	1217

* Winterzwischenfrüchte im Zweikulturnutzungssystem mit Mais

** bei Winterzwischenfrüchten Erst- und Zweitfrucht aufsummiert

*** bei Sommerhauptfrüchten Nmin-Menge im Boden bei Schwarzbrache über Winter

**** bei Winterzwischenfrüchten Nmin-Menge im Boden nach Zweitfrucht Mais

Wie dieses Beispiel zeigt, ist mit dem Index IrA auch eine Schwachstellenanalyse möglich. Um das sichtbar gewordene Problem der hohen Nmin-Mengen im Winter bei Winterackerbohnen anzugehen, soll in einem Folgeprojekt nach einer pflanzenbaulichen Lösung gesucht werden. Dabei sollen die Effekte einer vorausgehenden nichtlegumigen Zwischenfrucht sowie von Untersaaten auf den Winter-Nmin beim Anbau von Winterackerbohnen untersucht werden. Darüber hinaus ist das Sichtbarwerden der Schwächen von Feldfrüchten auch für die landwirtschaftliche Praxis relevant. Problemlösungen können gesucht und Anbauentscheidungen danach ausgerichtet werden.

Alle übrigen Varianten hatten negative Werte beim Gesamtindex IrA (Abb. 1). Die geringste Anbauwürdigkeit fiel den Sommerackerbohnen, der einjährigen Blühmischung und dem Amarant zu. Die Sommerackerbohnen hatten die höchsten Cobalt- und Nickelgehalte aller untersuchten Varianten und damit einen großen positiven Wert für den Teilindex Spurenelemente. Jedoch wiesen sie nur einen recht geringen TM-Ertrag und TS-Gehalt auf. Zusätzlich schnitten sie in der ökonomische Bewertung schlecht ab (Tab. 1). Beim Amarant waren bis auf den Teilindex Nmin alle anderen Teilindizes im negativen Wertebereich (Abb. 1). Trotz der im Vergleich zu Mais höheren Spurenelementgehalte des Amarants, war aufgrund des großen Abstands zu den Varianten mit den höchsten Spurenelementgehalten (Sommer- und Winterackerbohnen) auch dieser Teilindex negativ. Der Mais zeigte eine mittlere Anbauwürdigkeit. Besonders auffällig waren hier die negativen Werte für die Teilindizes Bodenwassergehalt, soziale Aspekte, Nmin und Spurenelemente (Abb. 1).

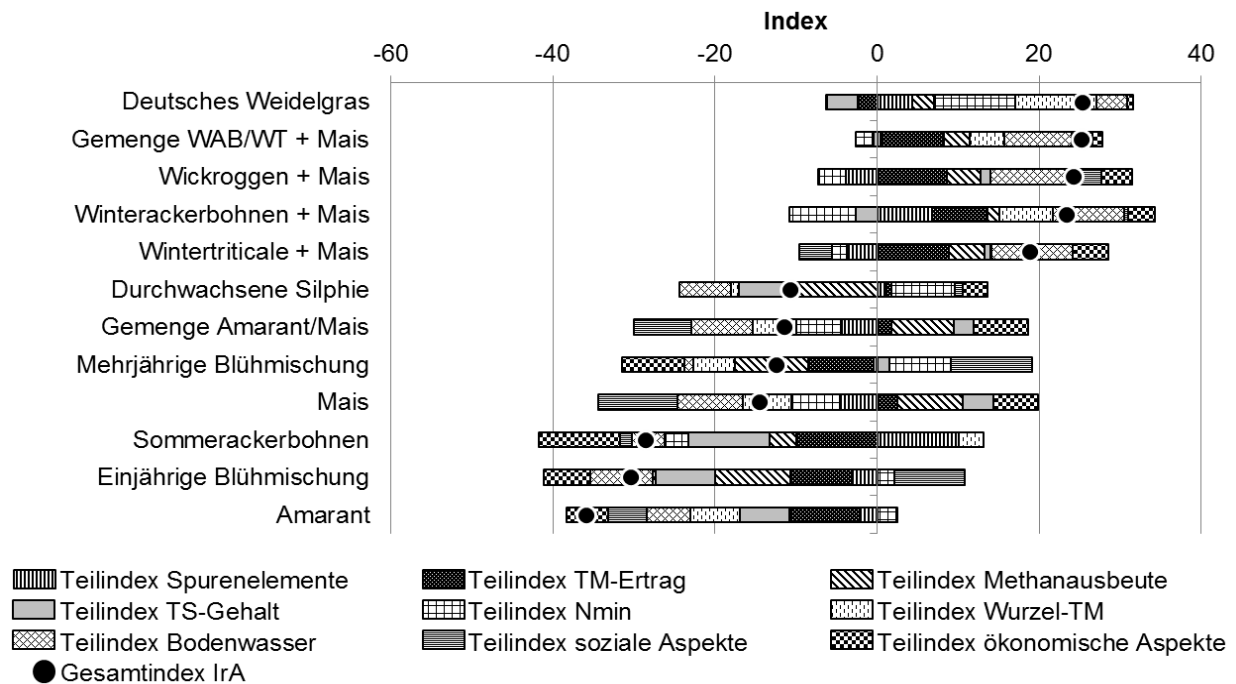


Abb. 1: Teilindizes und Gesamtindex IrA im Versuchsjahr 2015/16 am Standort Reinshof. Die Varianten wurden nach dem Gesamtindex IrA absteigend sortiert. Gleichgewichtung der einzelnen Teilindizes.

Wie gezeigt werden konnte, sind die Sommerackerbohnen als Spurenelement-lieferanten sehr interessant, haben aber große Schwächen bei einigen anderen Parametern. Es kann diskutiert werden, ob den Sommerackerbohnen, die als Biomassepflanzen bereits im Juli geerntet werden, noch weitere für die Biomassenutzung geeignete Feldfrüchte, z.B. Gerste oder andere Sommerzwischenfrüchte, folgen können. So könnte das Problem geringer TM-Erträge und die damit eng zusammenhängende schlechte ökonomische Bewertung durch einen zusätzlichen Biomasselieferanten angegangen werden. Außerdem würde der über die Ackerbohnen eingetragene Stickstoff produktiv genutzt.

Durch eine Gewichtung der Teilindizes kann sich die Rangfolge der Varianten ändern. Bei einem Workshop wurde diese Fragestellung mit Landwirten und Biogasanlagenbetreibern diskutiert. Es zeigte sich, dass den Teilindizes TM-Ertrag, ökonomische Aspekte und TS-Gehalt große Bedeutung zugemessen wurde. Auch die Methanausbeute und der Trockenmasseertrag der Wurzeln wurden in der Wichtigkeit hoch eingeschätzt. Weniger wichtig waren hier die Teilindizes Spurenelementgehalt und soziale Aspekte. Bei den Biogasanlagenbetreibern war die Bedeutung des Teilindex Spurenelemente höher als bei den Landwirten. Solche unterschiedlichen Gewichtungen können in späteren Ansätzen in das IrA-Konzept noch eingebaut werden.

Literatur

- Menke, C. 2011: Evaluierung von Winterzwischenfrüchten in einem Zweikultur-Nutzungssystem mit Mais für die Biogaserzeugung. Cuvillier Verlag, Göttingen.
- Sauer, B., Fahlbusch, W., Ruppert, H. (2014): Möglichkeiten einer ausgeglichenen Spurenelementversorgung von Biogasanlagen durch Mischung unterschiedlicher Energiepflanzen. Schlussbericht, Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V.

Das Vorhaben wurde vom Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft über die Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe e.V. (FNR) gefördert.

Steuerung des Pflanzenwachstums durch Bewässerung (Vortragstitel: Irrigation-based plant growth control)

F. Kögler und D. Söffker

Lehrstuhl Steuerung, Regelung und Systemdynamik. E-Mail: friederike.koegler@uni-due.de

Einleitung

Defizitbewässerung bezeichnet die gezielte Bewässerung von Pflanzen unterhalb ihres maximalen Wasserbedarfs [1]. Wassereinsparungen von bis zu 40 % bei Ertragseinbußen von 5-7 % sind hiermit erzielbar [2]. Folgende Faktoren beschränken bislang den Einsatz gezielter Defizitbewässerungsmethoden im Feld:

- **Geregeltes System:** In der Praxis werden Bewässerungsmenge und -zeitpunkt basierend auf Wasserverfügbarkeiten im Boden bestimmt. Alternativ ermitteln neuere Ansätze den Bewässerungsbedarf basierend auf dem gemeinsamen Wasserverbrauch von Pflanze und Boden (Evapotranspiration) [3]. Die Bewässerung erfolgt in beiden Fällen ohne Berücksichtigung des tatsächlichen Stresszustandes und dynamischen Verhaltens der Pflanzen.
- **Stresszustand der Pflanze:** Eine pflanzenbasierte Bestimmung des Stresszustandes und damit des Bewässerungsbedarfes ist weiterhin Gegenstand der Forschung, wie der Crop Water Stress Index (CWSI) [4] oder Verfahren auf Basis des Turgordrucks [5]. Zwei Fragen sind hierbei nicht abschließend geklärt:
 - Auf Basis welcher Zustandsvariablen (z. B. Wassergehalt, -verbrauch, Turgor) lassen sich wie die verschiedenen Stresszustände beschreiben?
 - Welche Ausgangsvariable (z. B. Blattemperatur, Xylemstrom, Verdunstungsmenge) erlaubt die Messung oder Beobachtung der jeweiligen Variablen?
- **Dynamisches Pflanzenverhalten:** Das Verhalten von Pflanzen als Reaktion auf ein Wasserdefizit ist komplex und beinhaltet neben den physiologischen Reaktionen wie Ausschüttung von Abscissinsäure (ABA) oder Schließen der Stomata weitere Mechanismen, die in der Literatur mit „Erinnerung“ (memory) bezeichnet werden [6] [7]. Adaptives Verhalten auf Wasserstress ist damit entgegen der Implementierungen in Ertragsmodellen nicht linear. Die Nutzung dieses Verhaltens im Sinne einer Defizitbewässerung erfordert eine Erweiterung bestehender Modelle.
- **Ertragsmodell:** Modelle zur Ermittlung des Ertrages als Ergebnis unterschiedlicher Wasserverfügbarkeiten sind generell verfügbar (z. B. AquaCrop (Crop water productivity model), UN Food and Agriculture Organization (FAO)). Das dynamische Pflanzenverhalten wird hier in Form eines negativ-linearen Zusammenhangs zwischen Wasserverfügbarkeit und Ertrag integriert [6]. Die Nutzung dieser Modelle für Defizitbewässerung ist jedoch aufgrund der geringen Zahl pflanzenbasierter Variablen nur eingeschränkt möglich [8].

Die vorliegende Arbeit umfasst im Wesentlichen zwei Teile:

- **Experimentelle Modellbildung:** Auf Grundlage der Daten von Versuchen wird ein Modell zur Abbildung des dynamischen, adaptiven Pflanzenverhaltens entwickelt. Das Modell ist als ereignisdiskreter Zustandsautomat realisiert.
- **Steuerung:** Entgegen der in der Praxis üblichen Steuerung/Regelung der Wasserverfügbarkeit im Boden (geregeltes System: Boden) wird der Machbarkeitsnachweis für die direkte Steuerung des Stresszustandes der Pflanzen implementiert (geregeltes System: Pflanze). Regelgröße ist das

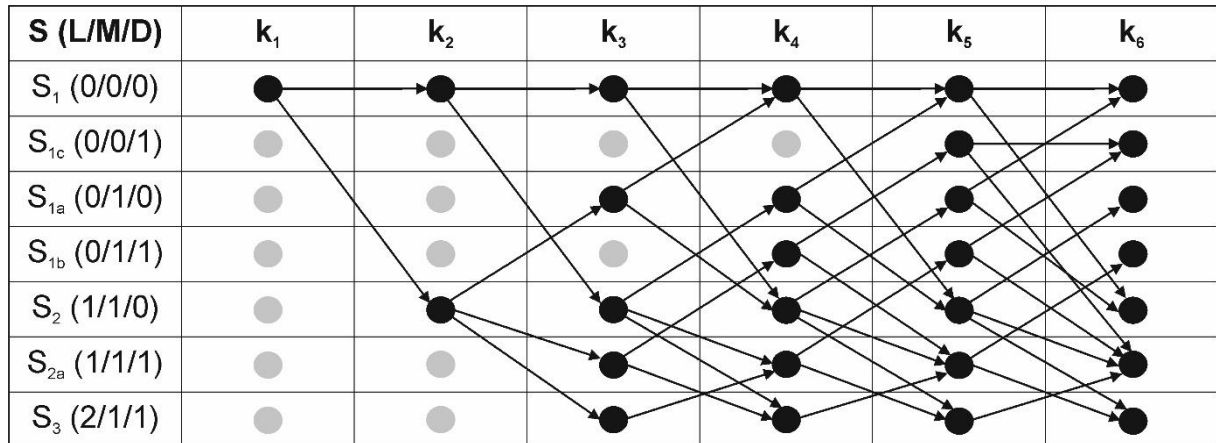


Abb. 2: Treillis-Diagramm potenzieller Zustandstrajektorien des dynamischen Pflanzenverhaltens aufgrund unterschiedlicher Wasserversorgungszustände.

S_i: Zustand
 L: Stresslevel
 M: Erinnerungslevel
 D: Schädigungslevel
 k_i: Instanz
 ● Realisierbare Zustände pro Instanz
 ● Mögliche, aber in dieser Instanz nicht realisierbare Zustände
 → Mögliche Zustandsübergänge

Ergebnisse und Diskussion

Für die Defizitbewässerung sind die Zustände S₁ (kein Stress/keine Erinnerung/keine Schädigung), S₂ (milder Stress, Erinnerung, keine Schädigung) und S_{1a} (kein Stress/ Erinnerung/keine Schädigung) relevant zur Maximierung des Wachstums unter Defizitbewässerung. Die Experimente konzentrieren sich zunächst auf diesen Bereich. Folgende Führungsgrößen werden für die Steuerung des Wachstums genutzt:

- **Wachstumsrate:** Die Blattlängenwachstumsrate (BLWR) von Testpflanzen ist bei mildem Wasserstress (Stresslevel 1) um bis zu 20% reduziert verglichen mit der BLWR von Kontrollpflanzen (Abb.3a, Bereich I). Nach Wiederbewässerung erreicht die BLWR wieder Werte im Ausgangsbereich (Abb.3a, Bereich II).
- **Erinnerungszeit:** Testpflanzen, die innerhalb der Erinnerungszeit (t_M) erneut mildem Stress ausgesetzt sind, verhalten sich dynamisch anders, als Pflanzen, die keinem milden Stress ausgesetzt waren oder einen früheren Stresszustand „vergessen“ haben. Diese Dynamik kann sich in einer kürzeren Reaktionszeit, höheren Toleranz und/oder verstärkten Ausprägung der Reaktion äußern (Abb.3a, Bereich III). Testpflanzen weisen nach mehrfachem, mildem Stress eine um etwa 15% erhöhte BLWR pro Gramm Evapotranspiration auf (Abb 3b, Bereich IV). Dies impliziert eine erhöhte Wassernutzungsrate aufgrund von Trainingseffekten.
- **Blatterscheinung:** Bei etwa 30% der Testpflanzen, die wiederholt mildem Stress ausgesetzt waren, erschien das jeweils folgende Blatt einen Tag eher, als bei Kontrollpflanzen. In keinem Fall war die Blatterscheinung verzögert. Dies impliziert eine potenzielle Verkürzung der Gesamtwachstumsdauer sowie eine Einflussnahme auf die physiologische Entwicklung.

Die Innovation dieses Ansatzes besteht zum einen in der aktiven Nutzung des adaptiven Pflanzenverhaltens im Sinne eines „Trainings“ auf Defizitzustände. Zum anderen wird in diesem Ansatz der Ertrag (Wachstum) der Pflanzen ausschließlich basierend auf dem Wassereinsatz gesteuert (ceteris paribus) und die pflanzliche Dynamik in den Bewässerungsregelkreis integriert. Im Beitrag werden die ersten Steuerungsergebnisse dargestellt und die statistische Validierung diskutiert.

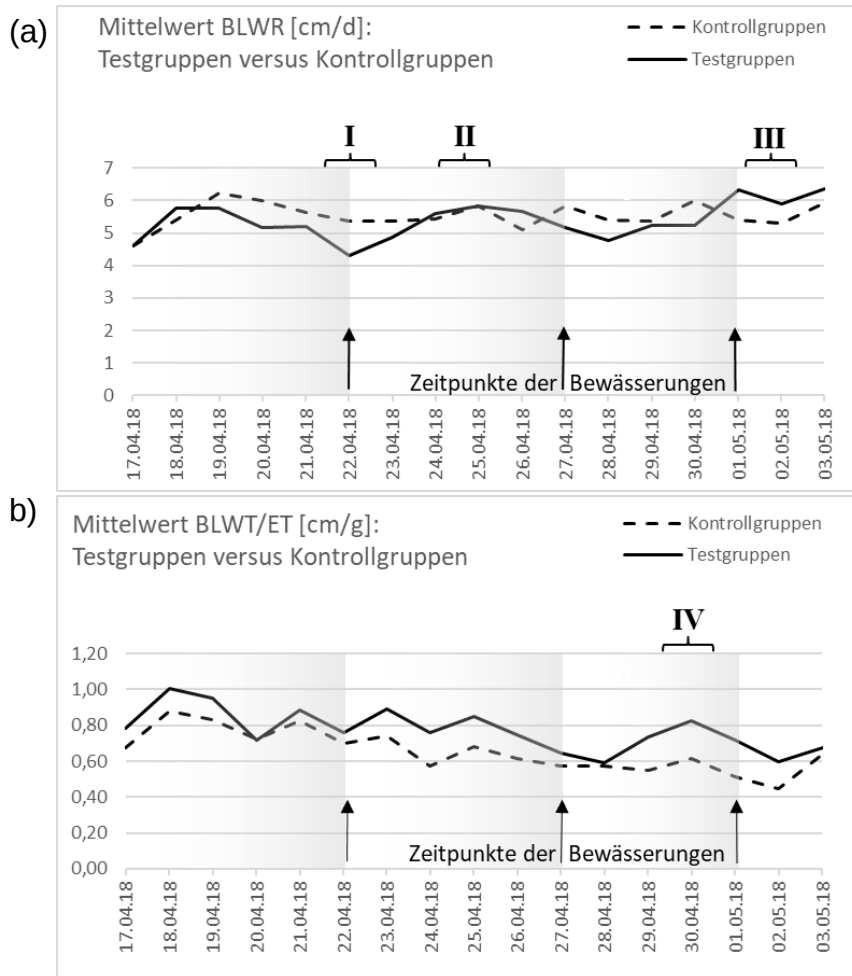


Abb. 3: (a) Zeitverlauf der mittleren Blattlängenwachstumsrate (BLWR) der defizitbewässerten Testgruppen verglichen mit vollbewässerten Kontrollgruppen. (b) Zeitverlauf der mittleren BLWR pro Gramm Evapotranspiration derselben Testgruppen verglichen mit vollbewässerten Kontrollgruppen.

- I: Reduzierte BLWR von Testpflanzen unter Stress IV: Trainingseffekt durch wiederholten Stress
 II: Kompensierte BLWR nach Wiederbewässerung ↑: Zeitpunkte der Bewässerung
 III: Dynamisches Verhalten durch Stresserinnerung

Literatur

- [1] Fereres, E. & Soriano, M. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58, 147–159 (2007).
- [2] Zwart S.J. & Bastiaanssen, W.G.M. Review of measured crop water productivity values for irrigated wheat, rice, cotton and maize. *Agricultural Water Management* 69 115–133, (2004)
- [3] Allen, R. G. & Robison, C. W. *Evapotranspiration and Consumptive Irrigation Water Requirements for Idaho. Precipitation Deficit Table for Boise WSFO Airport.* (2007).
- [4] Jackson, R. D. et al. Canopy temperature as a crop water stress indicator. *Water Resour. Res.* 17, 1133–1138 (1981).
- [5] Zimmermann, D. et al. A novel, non-invasive, online-monitoring, versatile and easy plant-based probe for measuring leaf water status. *J. Exp. Bot.* 59, 3157–3167 (2008).
- [6] Trewavas, A. Aspects of Plant Intelligence. *Ann. Bot.* 92, 1–20 (2003).
- [7] Thellier, M. & Lu, U. Plant memory: a tentative model. *Plant Biol.* 15, 1–12 (2013).
- [8] Kloss, S. et al. Evaluation of Crop Models for Simulating and Optimizing Deficit Irrigation Systems in Arid and Semi-arid Countries Under Climate Variability. *Water Resour. Manag.* 26, 997–1014 (2012).

Wie grün ist gelb? Untersuchungen zur agronomischen Nachhaltigkeit im Winterrapsanbau

Beat Vinzent^{1,2}

¹Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/TU München, Freising; ²Institut für Landtechnik und Tierhaltung/LfL, Freising. E-Mail: beat.vinzent@lfl.bayern.de

Einleitung

Winterraps gehört zu den wichtigsten Feldfrüchten in Deutschland. Gründe für die heute große Anbauausdehnung liegen in der ökonomischen und agronomischen Vorzüglichkeit des Rapses. Neben positiven phytosanitären Effekten, wie der Unterbrechung von Infektionszyklen von Getreidepathogenen bei Fuß – und Blattkrankheiten (Christen, 2006, Malagoli et al., 2005, Christen, 2001) geht eine der wichtigsten positiven Fruchtfolgeeffekte von Raps von seiner Stickstoffwirkung im Rahmen der Fruchtfolge aus. Durch eine frühe Saat, die Entwicklung eines intensiven Wurzelsystems und große Mengen oberirdischer Biomasse nimmt Raps bis zum Vegetationsende im Herbst bereits N-Mengen von 40 bis weit über 100 kg ha⁻¹ auf. Unter Raps findet eine ca. elfmonatige Bodenbedeckung bei gleichzeitig intensiver Durchwurzelung statt, was eine ausgeprägte Bodengare und damit die Bedingungen für eine erhöhte N-Mineralisation aus der organischen Substanz fördert (Kirkegaard et al., 2008). Darüber hinaus findet bei gleichzeitig hohen N-Düngermengen von oft mehr als 200 kg ha⁻¹ bereits sehr früh in der Vegetationsperiode nach der Blüte des Rapses im Mai in einer Phase hoher N-Mineralisation im Boden eine nur noch geringe N-Aufnahme durch den Pflanzenbestand statt (Behrens, 2002). Nachfolgend mineralisierter Stickstoff steht der Folgefrucht zur Verfügung (Lickfett, 2000, Aufhammer et al., 1994), ist allerdings je nach Standort- und Anbaubedingungen auch verlustgefährdet. Zudem haben die nachfolgend dargestellten Faktoren N-Düngung, N-Aufnahme von Raps und N-Verlagerung im Pflanzenbestand entscheidenden Einfluss auf die Stickstoffwirkungen des Rapses in der Fruchtfolge. Die im Rapsanbau häufig auftretenden N-Überschüsse bedeuten ein erhöhtes N-Verlustpotential, was unter anderem zu N₂O-Verlusten führen kann (Ruser et al., 2017, Sieling und Kage, 2010). N₂O-Emissionen können die Treibhausgasbilanz der Bioenergielinie Rapsmethylester derart verschlechtern, dass Biodiesel aus Raps keine Alternative mehr zu Diesel aus fossilen Quellen darstellt. In einem von der Bundesstiftung Umwelt geförderten Projekt wurde in den Jahren 2013 bis 2016 an einem Standort im süddeutschen Voralpenraum untersucht, welchen Einfluss verschiedenste agronomische Strategien auf die N₂O-Flüsse im Rapsanbau haben und welche N₂O-Minderungspotenziale hier bestehen. Im Fokus der Fragestellungen befand sich dabei immer die Verknüpfung der N₂O-Dynamik mit agronomischen Fragestellungen, was zusätzlich zur Erfassung der N₂O-Emissionen ebenso eine Analyse der Erträge und Produktqualitäten, sowie der N-Salden und N-Effizienzen nötig macht.

Material und Methoden

Den Kern der Arbeit bilden mehrjährige N₂O-Messungen in randomisierten Exaktfeldversuchen der Versuchsstation Roggenstein der TU München, die fast ganzjährig mit zwei Messterminen pro Woche auf einem zeitlich anspruchsvollen Niveau realisiert werden konnten. Der niederschlagsreiche Standort mit seinen gut drainierenden Böden zeichnet sich durch Flächen aus, die abseits der Feldversuche mit

einer sehr N-effizienten Fruchtfolge bewirtschaftet werden. Hier wurden mittels manueller Haubenmessungen nach dem closed chamber-Prinzip (Hutchinson und Mosier, 1981) mehrere vollständige Vegetationszyklen von der Rapsaussaat bis zur Ernte in ihrer N_2O -Dynamik erfasst. Die Probenanalyse auf die Gehalte u.a. an N_2O fand mittels Gaschromatographie statt (Lofffield et al., 1997). Zusätzlich fanden regelmäßig Probennahmen von Boden und Pflanzen statt, um ergänzend zu den N_2O -Messungen durch $\text{N}_{\min}$ -Gehalte und N-Aufnahmen die N-Flüsse im System Boden – Pflanze – Atmosphäre möglichst vollständig darstellen zu können. Die einzelnen Forschungsschwerpunkte wurden derart bearbeitet, damit sie sich in ihren wissenschaftlichen Fragestellungen ergänzen und so eine umfassende Bewertung des Rapsanbaus hinsichtlich des N_2O -Emissionspotentials und möglicher Minderungsstrategien möglich wird. Den ersten Forschungsschwerpunkt bilden Untersuchungen zur N_2O -Dynamik im Zusammenhang mit der N-Düngung zu Winterraps, um zu identifizieren, von welchen Faktoren die N_2O -Problematik im Rapsanbau unter Bedingungen des Marktfruchtanbaus maßgeblich beeinflusst wird und wie sich Höhe wie auch die Terminierung der N-Düngung, sowie ein sensorgestütztes algorithmusbasiertes Düngesystem auf die N_2O -Emissionen im Rapsanbau auswirken (Vinzent et al., 2018b). Im zweiten Forschungsschwerpunkt (Vinzent et al., 2018a) wurde über drei Jahre ebenfalls in zeitlich hochaufgelösten Parzellenversuchen mithilfe der closed chamber Haubenmessungen untersucht, wie sich unterschiedliche N-Formen (teilweise mit und ohne Zugabe eines Nitrifikationsinhibitors bei differenzierter Terminierung) auf die düngungsinduzierten N_2O -Verluste auswirken. Der dritte Forschungsschwerpunkt (Vinzent et al., 2017) behandelt die Vermeidung von N-Verlusten – allen voran N_2O – nach der Rapsernte im Fokus der manuellen closed chamber-Messungen über zwei Nacherntezyklen. Hier wurden differenzierte Strategien des Nacherntemanagements (mehrere Nach- und Zwischenfrüchte, unterschiedliche Intensität der Bodenbearbeitung) hinsichtlich ihrer Praxistauglichkeit für eine bestmögliche N-Konservierung geprüft.

Ergebnisse und Diskussion

In den Düngerversuchen wurden N_2O -N-Emissionen zwischen 300 und 2700 g ha^{-1} gemessen. Die in den Feldmessungen festgestellten N_2O -Emissionsfaktoren bei einem N-Input von 200 kg ha^{-1} lagen mit 0.55 bzw. 0.68 % deutlich unter dem zurzeit verwendeten Berechnungsansatz für die Abschätzung von N_2O -Emissionen von 1.0 % des N-Inputs (IPCC, 2006). Intensive N_2O -Emissionen traten erst ca. acht Wochen nach der N-Düngung zwischen Blüte und Abreife der Rapspflanzen auf. Eine Rapsdüngung nach einem neuentwickelten sensorgestützten N-Düngealgorithmus führte bei reduzierten Mineral-N-Gaben ohne signifikante Ertrags- und Qualitätsverluste zu niedrigeren N_2O -Emissionen. Die Versuche zeigten, dass N-Inputs von über 160 kg ha^{-1} bei optimalen Wachstumsbedingungen keine signifikanten Ölertragssteigerungen mehr bewirken. Zudem zeigten die Versuche, dass N-Düngegaben unter optimalen Anbaubedingungen ohne Ertragsverluste einzusparen sind. Hierzu konnte die sensorgestützte algorithmusbasierte N-Düngeplanung durch N-Einsparungen von 20 – 30 kg ha^{-1} wesentlich beitragen. Im N-Formenversuch war das N_2O -Verlustniveau in den drei Versuchsjahren mit 200 bis 2300 g ha^{-1} bei einem Ertragsniveau von teilweise über 6.0 Mg ha^{-1} ebenfalls relativ gering. Der Einsatz von Nitrifikationsinhibitoren bei der Harnstoffdüngung verminderte über mehrere Wochen die Umwandlung von Ammonium in Nitrat und reduzierte die N_2O -Emissionen in bestimmten Zeitabschnitten signifikant gegenüber einer ammoniumnitratbasierten N-Düngung. Beim Vergleich der flächenbezogenen

Ölerträge wie auch der N_2O -Emissionen traten bei ganzjähriger Betrachtung keine signifikanten Unterschiede zwischen den Varianten auf, obwohl die N-Salden bzw. N-Effizienzen leichte Nachteile für die Harnstoff-Düngung – insbesondere bei Anwendung eines Nitrifikationsinhibitors und der N-Düngung als Einmalgabe zeigten. Die Nitratvorräte im Boden waren in mit ASS gedüngten Parzellen höher als bei Harnstoffdüngung.

Nach Winterraps wurden zudem verschiedene Hauptfrüchte (Winterweizen, Wintergerste), Zwischenfrüchte (Weidelgras, Senf) und Bodenbearbeitungsverfahren (konventionell, reduziert) hinsichtlich ihrer Wirkungen auf die N-Entzüge, $\text{N}_{\min}$ -Dynamik im Boden und die N_2O -Emissionen geprüft. Obwohl beim zuvor auf der Fläche kultivierten Winterraps relativ hohe N-Salden zwischen 60 und 120 kg ha^{-1} auftraten, waren die N_2O -Emissionen (320 bis 2040 g ha^{-1}) auf niedrigem Niveau. Im Fruchtfolgeglied Winterraps – Winterweizen traten nur sehr geringe N_2O -Emissionen auf. Mehrmalige Bodenbearbeitung führte gegenüber der Direktsaat von Winterweizen nach Raps unter den Versuchsbedingungen nicht zu erhöhten N_2O -Emissionen. Grundsätzlich sehr gut schnitten die Zwischenfrüchte in ihrer N_2O -Minderungswirkung ab, obwohl aufgrund der Versuchsanlage nur kurzfristige Jahreseffekte (keine Langzeitwirkungen des Zwischenfruchtanbaus) erfasst werden konnten. Die $\text{N}_{\min}$ -Werte nach Raps sanken beispielsweise bei Weidelgras schnell auf ein niedriges Niveau nahe der Nachweisgrenze ab. Im Jahr 2014/15 waren die N_2O -Emissionen dort die niedrigsten aller Versuchsvarianten. Weidelgras hatte zudem den Vorteil, dass die im Aufwuchs gespeicherten N-Mengen bei einer Mahd mit dem Erntegut von der Fläche entfernt wurden. Es kam hier also zu einem zusätzlichen N-Entzug und Abbau des Residual-N aus dem Rapsanbau durch die Abfuhr im Erntegut. Ähnliche Effekte gelangen auch beim Anbau von Wintergerste mit N-Aufnahmen bis zu 50 kg ha^{-1} bis zum Frühjahr, allerdings bei tendenziell höheren N_2O -Emissionen als in den restlichen Varianten.

In den vorliegenden Untersuchungen wurden eine hohe N_2O -Messdichte realisiert, sowie zahlreiche Einflussfaktoren während und nach dem Rapsanbau untersucht. Die Verknüpfung zeitlich hochauflösender N_2O -Messungen mit der pflanzenbaulichen Analyse des Dünge- und Produktionssystems von Winterraps dient der Aufklärung von Wirkungsmechanismen und der Ableitung und Bewertung umsetzbarer N_2O -Minderungsstrategien. Nach den vorliegenden Ergebnissen sind in Marktfruchtssystemen auf Böden mit geringem N-Mineralisierungspotenzial unter den Bedingungen des süddeutschen humiden Klimas nur geringe N_2O -Verluste zu erwarten. Der Einsatz moderner Düngesysteme (sensorgestützte Düngebedarfs-ermittlung), die Düngerform und ein standortangepasstes Nacherntemanagement können dazu beitragen, die N_2O -Verluste im Rapsanbau auf ein geringes Maß zu beschränken. Dies ermöglicht einen ökonomisch und ökologisch ressourcenschonenden Rapsanbau bei geringen THG-Emissionen, wodurch die Anforderungen der EU RED zur THG-Einsparung gegenüber Diesel aus fossiler Energiequellen erfüllt werden können.

Weiterer Forschungsbedarf besteht in Anbausystemen mit langjähriger organischer N-Düngung und Böden mit hohem N-Mineralisierungspotenzial, sowie bei Bodengefügeschäden. In weiteren Experimenten am Standort sollen im Nachgang alle relevanten N-Verluste wie Ammoniakemissionen und Nitratverluste in die Untersuchungen einbezogen werden. Dies wird zurzeit im von der BLE geförderten Forschungsverbundprojekt „N-Stabilisierung und wurzelnahe Platzierung als innovative Technologien zur Optimierung der Ressourceneffizienz bei der Harnstoff-

Düngung“ am Standort Roggenstein und zwei weiteren Versuchsstandorten realisiert.

Literatur

- Aufhammer, W., Kuebler, E., Bury, M., 1994. Stickstoffaufnahme und Stickstoffrückstände von Hauptfrucht- und Ausfallrapsbeständen. *J. Agron. Crop Sci.* 172, 255–264.
- Behrens, T., 2002. Stickstoffeffizienz von Winterraps (*Brassica napus* L.) in Abhängigkeit von der Sorte sowie einer in Menge, Zeit und Form variierten Stickstoffdüngung. Dissertation, Universität Hannover.
- Christen, O., 2006. Raps, Fruchtfolge. In: *Handbuch des Pflanzenbaus 4, Ölfrüchte, Faserpflanzen, Arzneipflanzen und Sonderkulturen*. Ulmer-Verlag, Stuttgart. ISBN 978-3-8001-3203-4.
- Crutzen, P.J., Mosier, A.R., Smith, K.A., Winiwarter, W., 2008. N₂O release from agro-biofuel production negates global warming reduction by replacing fossil fuels. *Atmos. Chem. Phys.* 8, 389–395.
- Flessa, H., Ruser, R., Dörsch, P., Kamp, T., Jimenez, M.A., Munch, J.C., Beese, F., 2002. Integrated evaluation of greenhouse gas emissions (CO₂, CH₄, N₂O) from two farming systems in southern Germany. *Agric. Ecosyst. Environ.* 91, 175–189.
- Hutchinson, G.L., Mosier, A.R., 1981. Improved soil cover method for field measurement of nitrous oxide fluxes. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45, 311–316.
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J., Layzell, D., 2008. Break crop benefits in temperate wheat production. *Field Crop Res.* 107, 185–195.
- Lickfett, T., 2000. Stickstoff-Problematik in Rapsfruchtfolgen. In: Möllers, C. (ed): *Stickstoff-Effizienz landwirtschaftlicher Kulturpflanzen*. ISBN 3-503-05924-5.
- Lofffield, N., Flessa, H., Augustin J., Beese, F., 1997. Automated gas chromatographic system for rapid analysis of the atmospheric trace gases methane, carbon dioxide and nitrous oxide. *J. Environ. Qual.* 26, 560–564.
- Malagoli, P., Laine, P., Rossato, L., Ourry, A., 2005. Dynamics of nitrogen uptake and mobilization in field-grown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) from stem extension to harvest. *Ann. Bot.* 95, 853–861.
- Ruser, R., Fuß, R., Andres, M., Hegewald, H., Kesenheimer, K., Köbke, S., Räbiger, T., Suarez Quinones, T., Augustin, J., Christen, O., Dittert, K., Kage, H., Lewandowski, I., Prochnow, A., Stichnothe, H., Flessa, H., 2017. Nitrous oxide emissions from winter oilseed rape cultivation. *Agric. Ecosyst. Environ.* 249, 57–69.
- Sieling, K., Kage, H., 2010. Efficient N management using winter oilseed rape. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 30, 271–279.
- Vinzent, B., Fuß, R., Maidl, F.X., Hülsbergen, K.J., 2018A. N₂O emissions and nitrogen efficiency in winter rapeseed fertilized with different N forms and a nitrification inhibitor. *Agric. Ecosyst. Environ.* 259, 86–97.
- Vinzent, B., Fuß, R., Maidl, F.X., Hülsbergen, K.J., 2018B. N-Fertilization of Oilseed Rape with special concern about increased N efficiency and the avoidance of N₂O emissions. *Field Crops Res.*, submitted.
- Vinzent, B., Fuß, R., Maidl, F.X., Hülsbergen, K.J., 2017. Efficacy of agronomic strategies for mitigation of after-harvest N₂O emissions of winter oilseed rape. *Eur. J. Agron.* 89, 88–96.

Demonstrationsvorhaben „Indikatoren zur Früherkennung von Nitratfrachten im Ackerbau“

Burkhard Schoo, Oliver Stock, Martin Kücke und Jörg-M. Greef

Julius Kühn-Institut, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig.

E-Mail: burkhard.schoo@julius-kuehn.de

Einleitung

Aufgrund teils hoher Nitratkonzentrationen in Grundwasserkörpern sowie des von der EU-Kommission eingeleiteten Vertragsverletzungsverfahrens gegen Deutschland hat die Bundesregierung die geltenden Bestimmungen zur Anwendung von Düngemitteln erheblich verschärft. Allerdings werden in vielen Gebieten die Effekte dieser Maßnahmen aufgrund der teils langen Fließzeiten des Sickerwassers nicht innerhalb der nächsten Jahre sichtbar. Daher startete 2016 dieses bundesweite Demonstrationsvorhaben mit dem Ziel (1) die Eignung von Frühindikatoren zur unmittelbaren Abbildung der Auswirkungen eines geänderten Düngemanagements auf die Nitratfrachten zu testen und (2) entsprechende Indikatoren in die Monitoringverfahren der Länder zu implementieren und bei der Nitratberichterstattung zu nutzen (Abb. 1).

Material und Methoden

In 5 Testgebieten mit nitratbelasteten Grundwasserkörpern in 5 Bundesländern beteiligen sich insgesamt 48 Landwirtschaftsbetriebe mit 576 Testschlägen (12 pro Betrieb) am Vorhaben (Tab. 1). Zur Absicherung einer harmonisierten Datenerhebung und zur Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse zwischen den Betrieben und Testgebieten wurden zunächst Pflichtenhefte erstellt, in denen sämtliche Anforderungen bezüglich der Datenerfassung auf den Betrieben, der Probenahmen bis hin zur Analyse der Nmin-Proben im Labor definiert werden. Die langjährig erfolgreich im Trinkwasserschutz eingesetzten Indikatoren wurden aufgrund einer guten Aussagefähigkeit sowie ihrer vergleichsweise einfachen Anwendbarkeit ausgewählt. Die Indikatoren sollen im Laufe des Projektes weiterentwickelt und in ein Monitoringsystem integriert werden.

Eine Ist-Zustandsbeschreibung erfolgt für jeden Demonstrationsbetrieb anhand einer bis zu fünf Jahre rückwirkenden Betrachtung der N-Bilanz-Überschüsse sowie der Nmin-Tiefenprofile. Im anschließenden Messprogramm werden jährlich Nmin-Messungen (0-90 cm) zu Beginn und Ende der Sickerwasserspense sowie zur Ernte auf den Testschlägen vorgenommen. Parallel erfolgt auf einer Auswahl repräsentativer Testflächen eine Nmin-Beprobung im Intervall von 14 Tagen, um die standort-spezifische N-Dynamik im Boden sowie den Zeitraum der Sickerwasserspense möglichst genau abbilden zu können. Auf drei Testschlägen pro Betrieb werden zudem jährlich Nmin-Tiefbohrungen zur Bestimmung der Sickerwassergüte durchgeführt. Neben stofflich-analytischen Indikatoren werden auch Nährstoffbilanzen auf Betriebs- und Schlagebene berechnet.

Die Datenerfassung und Messung vor-Ort führen sog. „regionale Einrichter“ durch. Die Prüfung und Aufbereitung der Daten wird durch den Dienstleister „Messprogramm-Qualitätsmanagement“ (INGUS Umweltsteuerung GmbH) vorgenommen. Die Auswertung der Daten erfolgt durch das Julius Kühn-Institut. Der Deutsche Wetterdienst unterstützt die Untersuchungen durch die Bereitstellung von

meteorologischen Daten und erstellt Berechnungen zur Abschätzung der Bodenwassersituation sowie der Sickerwasserbildung.

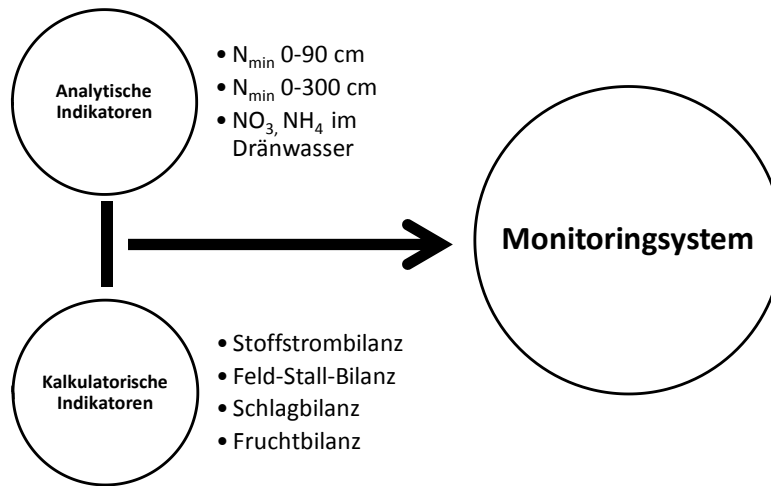


Abb. 1: Frühindikatoren im Nitrat-Monitoring.

Tab. 1: Charakteristika der Testgebiete und Demonstrationsbetriebe.

Testgebiet		Wagrien (SH)	Schilde (MV)	Ilmenau (NI)	Querfurter Platte (ST)	Aichach (BY)
Fläche	[km ²]	1225	690	1464	1236	1142
Ø Lufttemp.	[°C]	9,1	8,5	8,5	8,6	8,4
Ø Niederschlag	[mm]	719	693	679	576	865
Bodenart	[-]	Sl, SL	L, S	IS, SI	SL	L, sL
Ø GW-Abstand	[m]	25	8	45	44	5
Ø Betriebsgröße	[ha]	700	255	275	2119	120
Reg. Einrichter	[-]	INGUS	LMS	INGUS	INL	H. & E.

Ausblick

Das System von Frühindikatoren soll einen Beitrag zur Nitratberichterstattung gegenüber der EU leisten. Die Indikatoren werden zur Quantifizierung aktueller und zukünftiger Nitratfrachten angewandt und sollen perspektivisch in ein bundesweit harmonisiertes Nitrat-Monitoring implementiert werden.

Die Förderung des Vorhabens erfolgt aus Mitteln des Bundesministeriums für Ernährung und Landwirtschaft (BMEL) aufgrund eines Beschlusses des deutschen Bundestages. Gefördert über die Bundesanstalt für Landwirtschaft und Ernährung (BLE), Förderkennzeichen 2815MD001.

Auswirkungen reduzierter N-Düngung im Wasserschutzgebiet Belm-Nettetal auf Sickerwasserqualität und Ertragsparameter

Insa Kühling, Maria Vergara, Maik Kohlbrecher und Dieter Trautz

Fachgebiet Umweltschonende Landwirtschaft, Fakultät A&L / Hochschule Osnabrück.

E-Mail: insakuehling@gmail.com

Einleitung

Die Forderung der EU Wasserrahmenrichtlinie nach guten chemischen und ökologischen Gewässerzuständen wurde bislang nicht flächendeckend in Deutschland erfüllt (UBA 2015). Insbesondere die Grundwasserkörper unter intensiv landwirtschaftlich genutzten Flächen wie in den viehstarken Regionen Nordwestniedersachsens weisen Nitratgehalte oberhalb des Grenzwertes von 50 mg l^{-1} auf (NLWKN 2016). Besonders kritisch ist diese Situation in Trinkwassergewinnungsgebieten (TGG) zu sehen, da die Nitratbelastung erhebliche Folgekosten verursacht. Zur Reduzierung der Nitratreinträge ins Grundwasser aus landwirtschaftlicher Nutzung werden Schutzgebiete mit Auflagen zur N-Düngungsbeschränkung ausgewiesen.

Material und Methoden

Im TGG Belm-Nettetal (Karstgrundwasserleiter, zu 58 % unter landwirtschaftlicher Nutzung mit überwiegend hoher Intensität) bei Osnabrück wurde zur Überprüfung der Schutzgebietsauflagen im Herbst 2016 eine Saugkerzanlage installiert in der unterhalb der effektiven Durchwurzelungszone in einer randomisierten Blockanlage mit dreifacher Wiederholung kontinuierlich Sickerwasser gesammelt und 14-täglich zur chemischen Analyse entnommen wird. Seitdem werden in Silomais nach Zwischenfrucht, Raps, Winterweizen und Wintergerste in 4 Dünge­stufen und zwei Düngeregimen (rein mineralisch, organisch+mineralisch) die Effekte der reduzierten N-Düngung auf Sickerwasserqualität (NO_3 , NH_4 , SO_4 , Cl, Ca, K) und Ertragsparameter (Kornertrag, Biomasseertrag, Bestandesarchitektur) erfasst (Tab. 1).

Tab. 1: Düngermenge, -form und Verteilung der Saugkerzen in den Versuchsvarianten

Variante	N-Menge	Düngerform	Sickerwasser
0	0	rein mineralisch	X
50	50	rein mineralisch	X
100	100	rein mineralisch	
swo–	Sollwert reduziert (-10/20%)	organisch+mineralisch	X
swm–	Sollwert reduziert (-10/20%)	rein mineralisch	X
swo	Sollwert	organisch+mineralisch	X
swm	Sollwert	rein mineralisch	X
150	150	rein mineralisch	

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse nach der ersten vollständigen Sickerwasserperiode zeigten keine signifikanten Ertragsrückgänge bei reduzierter Düngung nach Schutzgebietsverordnung (– 10 % bei Getreide, – 20 % bei Silomais) (Abb. 1). Die Nitratverlagerung weist einen deutlichen Zusammenhang zur N-Bilanz (Abb. 2) auf: geringste Nitratkonzentrationen im Sickerwasser nach Silomais/unter Zwischenfrucht, höchste nach Getreide.

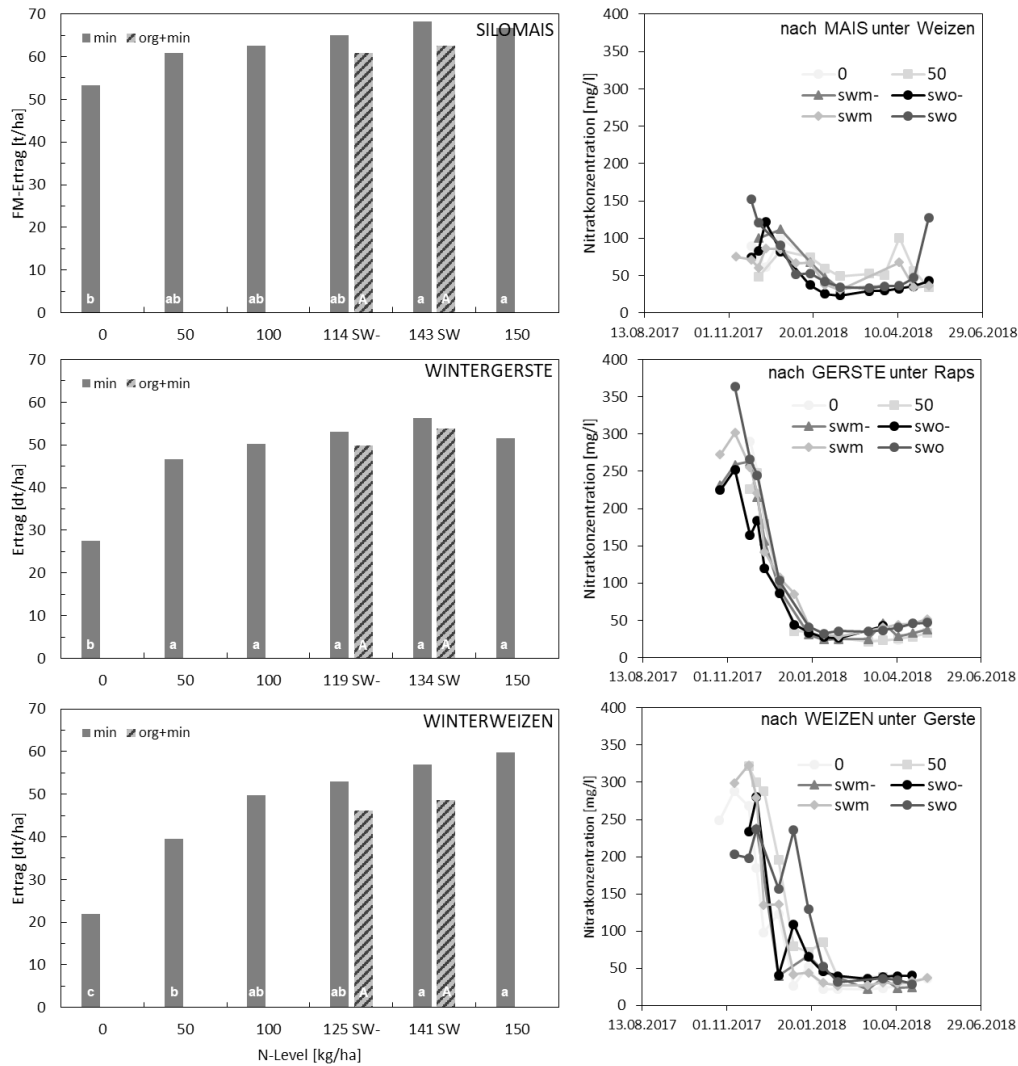


Abb. 1: Erträge Ernte 2017 (links) und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser im Winterhalbjahr 2017/2018 (rechts).

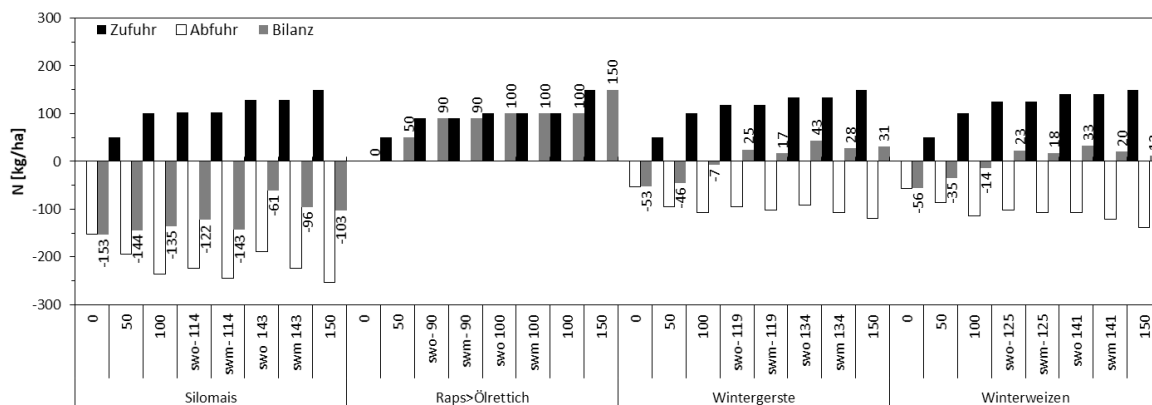


Abb. 2: N-Bilanzen in allen untersuchten Kulturen nach N-Level. swm/swo: Sollwert mineralisch bzw. organisch+mineralisch gedüngt

Referenzen

NLWKN (2016): Grundwasser Band 28 Grundwasserbericht Niedersachsen Kurzbericht 2016 Grundwasserstand sowie Güteparameter Nitrat und PSM.

UBA (2015): Die Wasserrahmenrichtlinie - Deutschlands Gewässer 2015.

Long-term effect of crop rotation on yield performance of three cereal species under different mineral fertilization - LTFE "BSG" Giessen

Yavar Vaziritabar, Yazdan Vaziritabar and Bernd Honermeier

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

Introduction

Cover crop and crop rotation are essential tools in organic as well as in conventional cropping systems as they will contribute to ensure its short-term productivity and long-term sustainability. Long-term field experiments (LTFE) are appropriate methods to investigate the effects of crop rotations on soil characteristics and biomass crop yields (Anglade et al., 2015; Thorup-Kristensen et al., 2003; Hartwig & Ammon, 2002).

Some of these issues are investigated in the running LTFE "BSG" Giessen (Biologische Stickstoff-Gewinnung) which was established in 1982. The objective of this experiment is to investigate the long-term effects of different cropping systems in combination with different mineral (NPK) fertilization on crop yield of subsequent crops including NPK uptake and soil parameters. The present study is focused on investigations carried out with winter wheat, winter rye and summer barley cultivated after different pre-crops in 2015 to 2017.

Material and method

The long-term field experiment "BSG" is running in the research station Giessen (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, yearly precipitation: 650 mm, annual air temperature: 8.1 °C). The soil conditions are characterized by silty clay texture with a clay content (0-30 cm) of about 28-33%, humus content (0-30) of 2%, field capacity (0-100 cm) of 123 mm, 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 (2014). Mineral fertilization to wheat, rye and barley includes four sub-treatments: zero NPK, only PK, PK+N split dosage (90, 90 and 60 kg N/ha for wheat, rye and barley) and PK+N full dosage (180, 180 and 90 kg N/ha for wheat, rye and barley). 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), forage maize (M) (*Zea maize* cv. Lorado) and fallow (F), (2) winter wheat as the first subsequent crop, (3) winter rye as the second and (4) summer barley as the third subsequent crop.

Results and discussion

The received data showed that crimson clover used as green mulch, significantly increased the grain and straw 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 pre-crops. The pre-crop effect of crimson clover was most clearly on winter wheat and to a lesser extent (but also significant) on winter rye and summer barley. Field bean used as grain legume caused significant lower grain yield increase of winter wheat compared to green mulch. In the second (winter rye) and third (summer barley) subsequent year the effect of field bean was identical with oat and maize but significant higher than fallow. Decreasing effects of fallow within the three years rotation was observed characterized by the ranking: 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).

Soil parameter have been analyzed based on soil samples taken in 2016 after winter rye. Ct values (0 – 30 cm) varied from 1.60 % (without mineral fertilization) to 1.69 % (PK + 50 % N) and from 1.62 % (maize) to 1.68 % (field bean). Contrary to Ct no clear variation of Nt values varying from 0.17 to 0.18 % was found. The microbial biomass which includes bacterial and fungal biomass of the soil varied from minimal 293 to maximal 330 µg C/g DM (0 – 30 cm). The soil samples of the treatments (pre-crops) with fallow (298 µg C/g DM) and maize (293 µg C/g DM) had the lowest values whereas highest microbial biomass (331 µg C/g DM) was detected in the plots of crimson clover.

The clear influence of NPK fertilization on grain yield and grain yield components of winter wheat, winter rye and summer barley was to be expected. Particularly the N application (half versus full dosage) resulted in clear and significant increase of grain yields of crops. Further on several plant parameters like straw yield, HI, LAI, SPAD value of flag leaves, spikes number/m² and vegetation index (NDVI) have been modified clearly by 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 by improved soil parameters (Ct, Nt, microbial biomass leading to improved soil structure and nitrogen availability) and by reduced infection of soil born cereal diseases.

Literature

- Anglade, J., G. Billen, and J. Garnier. 2015. Relationships for estimating N₂ fixation in legumes: incidence for N balance of legume-based cropping systems in Europe. *Ecosphere* 6(3):37. <http://dx.doi.org/10.1890/ES14-00353.1>
- Thorup-Kristensen, K., Magid, J. & Jensen, L. S. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. *Advances in Agronomy*. Vol 79, 227–302.
- Hartwig, N. L. & Ammon, H. U., 2002. Cover crops and living mulches. *Weed Science* 50, 688–699.

Phosphor-Aneignungsmechanismen der Kartoffelpflanze (*Solanum tuberosum* L.)

Mareike Kavka¹, Katrin Wacker¹, Klaus J. Dehmer² und Ralf Uptmoor¹

¹Lehrstuhl Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock;

²IPK-Genbank/Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente (GLKS), Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Groß Lüsewitz. E-Mail: mareike.kavka@uni-rostock.de

Einleitung

Die Kartoffel kann Phosphor (P) im Vergleich zu anderen Nutzpflanzen nur in geringem Maße aus dem Boden aufnehmen und der Düngerbedarf ist dementsprechend hoch (Rosen et al., 2014). Zu den Mechanismen erhöhter P-Aneignung bei Pflanzen gehören Veränderungen in der Wurzelarchitektur und eine verstärkte Phosphataseaktivität. Das Ziel dieser Studie ist, Kartoffel-Genotypen mit einer hohen P-Aneignung zu identifizieren und morphologische, physiologische und molekulare Mechanismen zur Regulierung der P-Aneignung aufzuklären.

Material und Methoden

In verschiedenen Versuchen wurden Knollen oder *in-vitro*-Pflanzen von 32 Kartoffel-Genotypen aus der IPK-Genbank, Groß Lüsewitzer Kartoffel-Sortimente in Sand oder in ein Unterboden-Sand-Gemisch gepflanzt und mit Nährlösung mit oder ohne Phosphat (KH₂PO₄) gedüngt. Die microRNA-Expression von miR399 wurde mithilfe von *stem-loop*-Primern in der cDNA-Synthese und anschließender quantitativer *realtime*-PCR gemessen. Die Aktivität der sauren Phosphatasen an der Wurzel und im Boden wurden mithilfe von para-Nitrophenylphosphat als Substrat photometrisch bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verhältnisse in der P-Aufnahme vom Wachstum ohne zusätzliche P-Düngung zum Wachstum mit zusätzlicher P-Düngung schwankten bei Kultur in Töpfen mit P-armem Unterboden-Sand-Gemisch innerhalb der 32 getesteten Genotypen zwischen 93 % und 48 % (Abb. 1).

Bei der Kultivierung des effizienten Genotyps Amsel und des nicht-effizienten Genotyps Russet Burbank aus *in-vitro*-Kultur in Sand war die Expression der microRNA miR399, einem Schlüsselement in den P-Signalwegen, in den Wurzeln nach drei Wochen ohne P-Düngung erhöht. Die Phosphataseaktivität der Wurzeln war bereits in der zweiten Woche signifikant höher bei den Pflanzen ohne P-Düngung. Es gab jedoch keinen Unterschied zwischen den beiden Genotypen. Auch die Phosphataseaktivität im Boden (Unterboden-Sand-Gemisch) beim Anbau verschieden effizienter Genotypen (Amsel, Prince Edward Island Blue, Fransen, Russet Burbank) aus *in-vitro*-Kultur war unter P-Mangel erhöht, ohne dass es signifikante Unterschiede zwischen den Genotypen gab. Die Größe des Wurzelsystems war abhängig vom Genotyp und vom P-Gehalt, korrelierte aber nicht mit der P-Aufnahme bei geringer P-Verfügbarkeit.

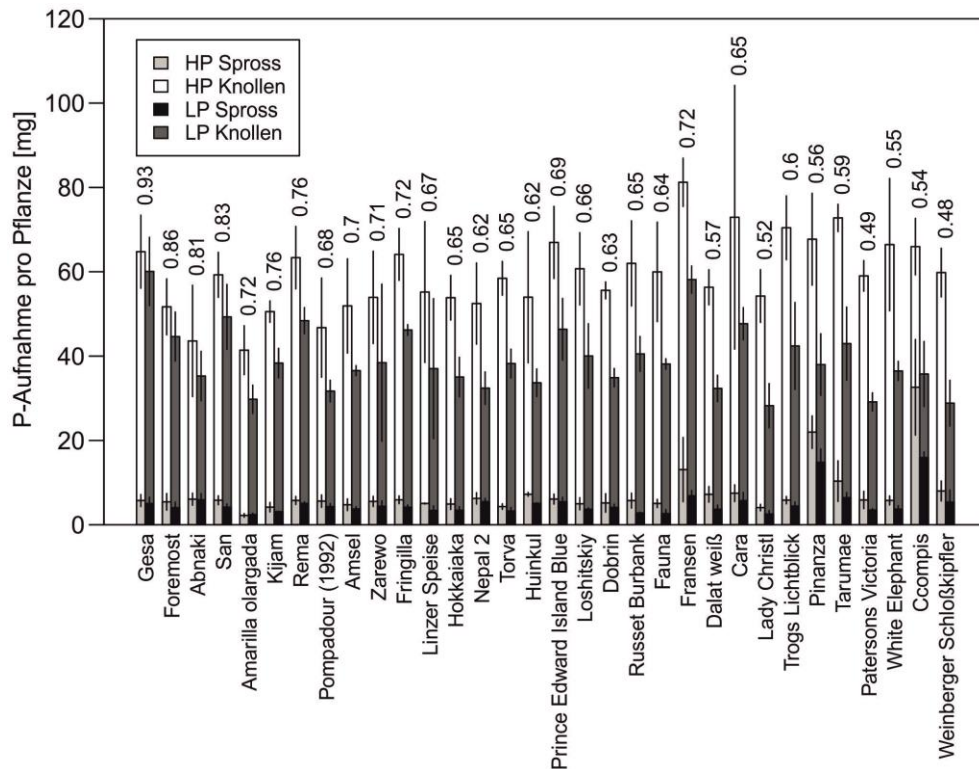


Abb. 1: Phosphor-Aufnahme in Kartoffel-Genotypen (Spross und Knollen) mit Phosphordüngung (HP) und ohne Phosphordüngung (LP), sortiert nach absoluter Differenz zwischen HP und LP. Angegeben sind Mittelwerte und Standardabweichungen bei $n=3$ sowie über den Säulen das mittlere Verhältnis der P-Aufnahme von LP zu HP.

Beim Anbau von Gesa und Amsel als P-effiziente und Patersons Victoria und Weinberger Schloßkipfler als nicht-effiziente Genotypen aus Knollen im Topf in Sand gab es – mit der Ausnahme von erhöhten Werten bei Weinberger Schloßkipfler unter geringer P-Verfügbarkeit – weder in der P-Aufnahme noch in der Pflanzentrockenmasse Unterschiede zwischen den Varianten mit P-Düngung und ohne P-Düngung. Beim Anbau in einem Dauerversuch ohne P-Düngung, mit Rinderdung und Tripelsuperphosphat gab es bei allen Genotypen leicht, aber nicht signifikant niedrigere Erträge ohne P-Düngung im Gegensatz zu organischer und mineralischer Düngung. Die Unterschiede zwischen den Genotypen waren mit teilweise zweifach höheren Werten signifikant.

Wir schlussfolgern, dass die Anpassungsmechanismen der Kartoffel an geringe P-Verfügbarkeit im Boden auf den verschiedenen Ebenen nicht unbedingt die P-Aufnahme aus defizitären Böden verbessern. Unsere Ergebnisse deuten darauf hin, dass P aus der Mutterknolle für die Versorgung der Pflanze in den ersten Wachstumsstadien ausreichend sein könnte. Im Feld sind die genotypischen Unterschiede im Ertrag weit größer als die nur geringen düngerabhängigen Unterschiede.

Literatur

Rosen, C. J., Kelling, K. A., Stark, J. C., and Porter, G. A. (2014). Optimizing Phosphorus Fertilizer Management in Potato Production. *Am. J. Potato Res.* 91, 145–160. doi:10.1007/s12230-014-9371-2.

Die Arbeiten wurden durch den Leibniz-WissenschaftsCampus Phosphorforschung Rostock gefördert.

Effekte einer langjährigen Gärrestdüngung auf Phosphor-Fraktionen im Boden und Pflanzenparameter in einem Feldversuch

Theresa Zicker und Bettina Eichler-Löbermann

Professur für Pflanzenbau, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Universität Rostock, Rostock. E-Mail: theresa.zicker2@uni-rostock.de

Einleitung

Biogasgärreste stellen aufgrund ihrer Nährstoffgehalte eine Alternative zu mineralischen P-Düngern und spielen somit eine wichtige Rolle in landwirtschaftlichen Nährstoffkreisläufen. Vor diesem Hintergrund wird die Wirkung einer langjährigen Gärrestdüngung im Vergleich zu unvergorenem Substrat und einer mineralischen NK-Kontrolle auf verschiedene Boden- und Pflanzenparameter in einem Feldversuch seit 2008 untersucht. Ergebnisse der ersten drei Versuchsjahre dieses Versuchs sind bei Bachmann et al. (2014) zu finden.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde 2008 in enger Kooperation mit einem landwirtschaftlichen Betrieb am Standort Stavenhagen (Landkreis Mecklenburgische Seenplatte) angelegt. Der mittlere Jahresniederschlag beträgt 550 mm und die mittlere Jahresdurchschnittstemperatur 8,1°C. Bei der Bodenart handelt es sich um einen lehmigen Sand und der Bodentyp wurde als eine Parabraunerde klassifiziert. Der verwendete Gärrest und das unvergorene Gärgut stammen aus der betriebseigenen Biogasanlage, in der Rindergülle, mit einem geringen Anteil an Maissilage und Getreidekorn unter mesophilen Bedingungen für 28 Tage fermentiert werden. Gärrest und Gärgut werden in einer Menge von 20 m³ ha⁻¹ im Frühjahr und 10 m³ ha⁻¹ im Herbst ausgebracht. Die Fruchtfolge besteht aus Mais, Zuckerrübe, Winterweizen, Wintergerste und Winterraps. Mehrmals jährlich werden seit Versuchsbeginn Bodenproben im Ober- und Unterboden genommen und hinsichtlich der P-Pools sowie verschiedener chemischer und physikalischer Parameter analysiert. Weiterhin werden jährlich der Ertrag sowie die Nährstoffaufnahmen der Pflanzen ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Düngewarianten Gärrest und Gärgut wurden im Vergleich zur Kontrolle ohne P höhere Gehalte an pflanzenverfügbarem P im Boden und ein höherer Grad der P-Sättigung im Oberboden beobachtet. Im Unterboden wurden die höchsten pflanzenverfügbaren P-Gehalte und der höchste Grad der P-Sättigung in der Gärrestvariante festgestellt (Tab. 1).

Im Mittel über alle Jahre waren die Erträge und P-Aufnahmen der Pflanzen in den Varianten Gärrest und Gärgut im Vergleich zu der NK-Kontrolle höher, wobei zwischen den Varianten Gärrest und Gärgut keine Unterschiede festgestellt wurden (Tab. 2). Die Unterschiede zwischen den Varianten nahmen anders als erwartet mit laufender Versuchszeit nicht zu. Bei den angebauten Winterkulturen in den letzten Jahren zeigten sich keine Ertragsunterschiede zwischen den drei untersuchten Varianten.

Tab. 1: Doppellaktatlöslicher P (mg kg⁻¹) in den verschiedenen Bodentiefen

Tiefe 0-30 cm											
Jahr	NK			Gärgut			Gärrest			Mittelwert	
2012	47.5	A	bc	56.7	A	bc	59.0	A	bc	54.4	bc
2013	53.1	A	c	66.4	A	c	68.7	A	c	63.6	d
2014	51.0	A	c	55.4	A	abc	56.3	A	b	54.2	bc
2015	52.3	A	c	58.6	B	bc	58.7	B	bc	56.9	c
2016	31.0	A	a	41.8	B	a	39.1	B	a	37.3	a
2017	42.1	A	b	49.8	AB	ab	56.4	B	b	49.5	b
Mittelwert	45.6	A		54.8	B		56.3	B			
Tiefe 30-60 cm											
Jahr	NK			Gärgut			Gärrest			Mittelwert	
2012	24.0	A	c	21.5	A	bc	28.8	A	c	24.7	bc
2013	16.2	A	ab	14.5	A	a	26.8	A	bc	19.2	ab
2014	18.2	A	abc	17.6	A	ab	22.2	A	b	19.4	ab
2015	20.3	A	bc	24.4	A	c	31.8	A	c	25.5	c
2016	13.3	A	a	14.6	A	a	16.1	A	a	14.5	a
2017	22.4	A	c	24.6	A	c	29.0	A	c	25.3	c
Mittelwert	19.1	A		19.5	A		26.2	B			
Tiefe 60-90 cm											
Jahr	NK			Gärgut			Gärrest			Mittelwert	
2012	10.8	A	ab	10.5	A	a	16.1	A	a	12.5	b
2013	7.27	A	a	12.0	A	a	14.7	A	a	11.7	ab
2014	9.10	A	a	9.40	A	a	14.8	A	a	11.1	ab
2015	17.3	A	b	14.0	A	a	20.5	A	a	17.3	c
2016	6.56	A	a	6.42	A	a	9.71	A	a	7.46	a
2017	12.8	A	ab	14.3	A	a	17.0	A	a	14.7	bc
Mittelwert	10.8	A		11.3	A		15.7	B			

NK = Kontrolle; unterschiedliche Großbuchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten, unterschiedliche Kleinbuchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zw. den Jahren (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

Tab. 2: Erträge im Feldversuch mit Düngung von Gärrest und Gärgut

Ertrag (dt ha ⁻¹)							
Jahr	Kultur	NK		Gärgut		Gärrest	
2012	Mais	132	a	208	b	195	b
2013	Zuckerrübe	184	a	288	b	236	ab
2014	Winterweizen	80,8	a	98,6	a	84,7	a
2015	Wintergerste	74,8	a	89,6	a	75,8	a
2016	Winterraps	35,3	a	39,7	a	41,8	a
2017	Winterweizen	91,0	a	93,8	a	95,5	a

NK = Kontrolle; unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikant verschiedene Mittelwerte zwischen den Düngevarianten (Duncan-Test, $p \leq 0,05$)

Diese Ergebnisse weisen auf eine gleichwertige P-Düngewirkung von Gärresten verglichen mit unvergorenem Substrat hin, wobei aufgrund der höheren P-Gehalte im Unterboden in der Variante Gärrest möglicherweise von einem höheren P-Austrittsrisiko ausgegangen werden kann.

Literatur

Bachmann S, Gropp M, Eichler-Löbermann, B (2014) Phosphorus availability and soil microbial activity in a 3 year field experiment amended with digested dairy slurry. Biomass and Bioenergy 70:429-439

Das ReWaM-Projekt PhosWaM (FKZ: 033W042B) wird vom BMBF gefördert.

Field site variation of indigenous population of soybean rhizobia in Germany and their symbiotic performance

Mosab Halwani^{1,2}, Ralf Bloch^{1,2} and Johann Bachinger²

¹Hochschule für nachhaltige Entwicklung Eberswalde, Eberswalde; ²Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF e.V.)/Müncheberg. E-Mail: Mosab.Halwani@zalf.de

Introduction

The soybean is one of the most important agricultural crops and its total growing area is increasing worldwide as well as in Germany. As a legume crop, soybean growth and development relies upon symbiotically colonized root nodules and its symbiotic nitrogen fixation (SNF) ability. For soybean specific rhizobacteria strains are not native to European soils, therefore soybean seeds are generally inoculated with *Bradyrhizobium* (B.) inoculants before seeding (Kadiata, et al., 2012). The result of several or even many genetic variants and mutations of the B. could be developed to be tolerant of the low temperature conditions in Germany. And thus far, the indigenous, persistence and survival of B. strains in arable lands in Germany in the absence of host plants were not analysed yet.

The objectives of this research work are the comparison of indigenous nodulation affective (Nod+) soybean rhizobacterium populations from diverse soybean cropping interval in two sites of Germany based on symbiotic effectiveness and plant growth improvement. And whether the repeated application of inoculation is still necessary.

Material and Methods

These pots experiment were carried out in a growth chamber at the Leibniz Centre for Agricultural Landscape Research (ZALF e.V.) and are focusing on the most important rhizobacterium population's factors such as soybean cropping interval, with seed inoculation as well as physical and chemical characteristics of the soil. First off, eleven soil samples from two soybean cultivation locations (Müncheberg and Fehrow) with different soybean cropping interval were evaluated for their content of indigenous nodulation affective (Nod+) strains. Secondly, a commercial inoculate of *B. japonicum* was applied to determine its individual and interactive effect on the nodulation, SNF and specific plant growth parameters.

The soil samples were taken from the sites that have not been planted with soybean since 1,2,3, or 4 years. Additionally, a site, where no soybean B. inoculate were used earlier, was tested as a control. The chemical and physical properties of the soil were analyzed. The disinfected soybean seeds of the "Merlin" Cultivar [*Glycine max* (L) Merrill] were used with and without B. inoculation. Pots with non-inoculated soybean seeds were sown first to avoid contamination. The other part of soybean seeds were inoculated with the commercial Soybean inoculant HiStick®, which consists of *B. japonicum* minimum 4×10^9 (4 billion) viable cells.gram⁻¹.

After 40 days, roots were washed carefully and the plants were examined to document their nodulation parameters such as the number of nodules per plant, the respective nodule weight per plant, the average nodule fresh weight and the SNF potential. The growth parameters such as root volume, dry weight and chlorophyll contents were measured during or after the end of the experiment.

Results and Discussion

Considering the nodule presents, forms, and their distribution on the roots, nodules obtained from soybean roots of plants grown on the experimental soils were very likely descendants of the inoculum *B. japonicum*. We report the indigenous *B. japonicum* (Nod+) that was introduced with the last inoculant 1 - 4 years earlier in all soil samples at both locations at different rates.

For Fehrow soils, the survival rates were sufficiently high to make the inoculation of subsequent soybean crops unnecessary for up to 4 years thereafter. This has been previously observed (Obaton *et al.*, 2002) in France. Whereas there was a significant reduction in numbers of rhizobacteria (Nod+) survivors already after two months of host plants' absence in Müncheberg soils. They were so low, that in order to ensure constant nodule numbers, the inoculation was mandatory for each time interval after soybean were cultivated. Dudeja & Khurana reported that the *B. sp.* (Cujanur) CC 1021 strain was not detected in any of the soil layers after 90 days from inoculation in sandy loam soil during two years. The low nodule numbers of the un-inoculated soybean indicate the absence of indigenous *B.* population specific to soybean. Alternatively, it could mean that the population of the indigenous *B.* is not abundant enough to initiate optimum nodulation, although the sites have been used for years of soybean production (Naroz'na, *et al.*, 2015). This could be related to the low organic matter content.

According to weight of nodules and the results we got from the leghaemoglobin test, the seed inoculation with *B. japonicum* does not enhance the SNF in both locations. That means the native strain of *B. japonicum* surviving in the soil had the same nodulation effectiveness (Nod+) or was of a similar strain. The results of Tajima, *et al.*, to the nodule size in peanut showed that the SNF activity of root nodules is closely related with their size. The increasing of chlorophyll contents in both locations following the inoculation was insignificantly. That confirms the preconceptions results of SNF.

A possibly suitable explanation for the different in the nodulation and growth parameters between Fehrow and Müncheberg could relate to soil physical properties, such as field capacity and soil texture. Which influence on the symbiotic ability of *B.* for years in the absence of soybean or influence on the response of soybean to the surviving *B. japonicum* strains in the soil. Thus, there exists an interaction between soil fertility and soybean plant response to *B. japonicum* inoculation.

Literature

- Dudeja S.S. and Khurana A.L. 1989. Persistence of *Bradyrhizobium sp.* (Cajanus) in a sandy loam. *Soil Biology and Biochemistry* 21: 709-713.
- Kadiata B.D., Schubert S. and Yan F. 2012. Assessment of different inoculants of *Bradyrhizobium japonicum* on nodulation, potential N₂ fixation and yield performance of soybean (*Glycine max* L.). *Journal of Animal and Plant Sciences* 13: 1704-1713.
- Naroz'na Dorota [et al.]. 2015. Survival and Competitiveness of *Bradyrhizobium japonicum* Strains 20 Years after Introduction into Field Locations in Poland. *Applied and Environmental Microbiology* 81:5552–5559.
- Obaton Michel and Bouniols Andr´ee. 2002. Are *Bradyrhizobium japonicum* stable during a long stay in soil? *Plant and Soil* 245: 315–326.
- Tajima Ryosuke [et al.]. 2007. Nitrogen-Fixing Activity of Root Nodules in Relation to Their Size in Peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Production Science* 10: 423-429.

Einfluss der Beregnung und Sorte auf Ertrag, N₂- Fixierung und Vorfruchtwirkung von Sojabohnen

Kathleen Karges¹, Moritz Reckling², Johann Bachinger² und Sonoko D. Bellingrath-Kimura²

¹Humboldt- Universität Berlin, ²ZALF, Müncheberg. E-Mail: Kathleen.Karges@gmail.com

Einleitung

Soja zählt zu den wichtigsten Handelskulturen der Welt. Im Jahr 2013, wurden 15 Millionen Tonnen Sojabohnen und 25 Millionen Tonnen Sojaschrot nach Europa importiert (Eurostat 2016). Ein großer Anteil davon geht auch nach Deutschland. Die Nachfrage nach heimischen Sojabohnen ist groß. Aufgrund ihrer hohen Temperatur- und Wasseransprüche werden die Sojabohnen derzeit vorwiegend in Süddeutschland angebaut, wo das Ertragspotential unter optimalen Bedingungen hoch ist (RECKNAGEL, 2015). Der Erfolg des Sojabohnenanbaus hängt vorwiegend von den Wärme- und Temperatursummen der Monate Mai bis September sowie der Niederschlagsmenge in den Monaten Juli und August ab (RECKNAGEL, 2015). Das Ziel dieser Arbeit war zu analysieren, unter welchen Bedingungen die Sojabohne auch in Nordostdeutschland erfolgreich angebaut werden kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2015 bis 2017 wurden drei verschiedenen Sojasorten mit und ohne Beregnung in einem zweifaktoriellen vollrandomisierten Feldversuch mit sechs Wiederholungen auf dem Versuchsgelände des ZALF in Müncheberg angebaut.

Die Auswahl fiel auf eine Sorte für die Lebensmittelherstellung („Protibus“) und zwei Sorten für Futtermittel („Sultana“ und „Merlin“). Es wurde der Kornertrag (t ha⁻¹), Rohproteingehalt (%) und Rohproteintrag (kg ha⁻¹) ermittelt. Des Weiteren wurde die Menge an fixiertem Stickstoff berechnet. Um die Vorfruchtwirkung der Sojabohne zu quantifizieren wurde der N_{min}- Gehalt (kg ha⁻¹) im Boden nach der Sojaernte und im darauffolgenden Frühjahr bestimmt, sowie der Kornertrag der Nachfrucht Hafer. Als Referenzfrüchte dienten Lupine mit einer Zwischenfrucht (ZWF) und Buchweizen.

Tab. 1: Ertragsdaten Soja [t ha⁻¹] der Jahre 2015, 2016 und 2017 (Mittelwerte (n=6)) mit Beregnung und ohne. Werte mit einem gemeinsamen Buchstaben sind nicht signifikant voneinander verschieden (P < 0,05).

Sorte	Beregnung	Kornertrag Soja (t ha ⁻¹)		
		2015	2016	2017
Protibus	ohne	0,3 a	2,9 a	1,9 a
Sultana	ohne	1,4 b	3,2 b	3,7 b
Merlin	ohne	1,3 b	3,4 b	3,5 b
Protibus	mit	1,3 a	3,6 a	
Sultana	mit	2,7 b	4,3 b	
Merlin	mit	2,7 b	4,7 b	

Ergebnisse und Diskussion

Tab. 2: $N_{\min}$ - Gehalte in 0- 90 cm Tiefe in kg/ha (n=12), im Herbst 2015 u. 2016 und im Frühjahr 2016 u. 2017 nach der Ernte von Soja, Lupine mit ZWF und Buchweizen mit Beregnung und ohne. Werte mit einem gemeinsamen Buchstaben sind nicht signifikant voneinander verschieden ($P < 0,05$).

Kulturart	Beregnung	$N_{\min}$ kg/ha			
		Herbst 2015	Frühjahr 2016	Herbst 2016	Frühjahr 2017
Soja „Sultana“	ohne	57 b	24 b	49 a	33 b
Lupine + ZWF	ohne	18 a	20 a	29 a	26 ab
Buchweizen	ohne	36 ab	37 b	30 a	24 a
Soja „Sultana“	mit	43 b	32 b	61 a	33 b
Lupine + ZWF	mit	12 a	8 a	38 a	24 ab
Buchweizen	mit	24 ab	28 b	29 a	19 a

Es konnten Erträge zwischen 1,4 und 4,7 t ha⁻¹ erzielt werden, wobei die Sorten „Sultana“ und „Merlin“ einen signifikant höheren Ertrag im Vergleich zu der Sorte „Protibus“ zeigten (Tab 1). Die Beregnung führte in den Jahren 2015 und 2016 zu einem Mehrertrag von ca. 1,3 t ha⁻¹. Im Jahr

2017 konnten aufgrund der hohen Niederschlagssummen Erträge von bis zu 3,7 t ha⁻¹ ohne Beregnung erreicht werden. Die Sorte „Protibus“ erreichte die höchsten Rohproteingehalte von bis zu 48% im Jahr 2015, war jedoch sehr ertragsschwach, was u.a. an einer stärkeren Sensibilität gegenüber Kälte und Trockenheit liegen könnte. Zudem konnte bei dieser Sorte keine rechtzeitige Abreife sichergestellt werden. Dadurch erwies sich diese Sorte unter den getesteten Bedingungen als eher ungeeignet.

Die fixierte N- Menge lag zum Zeitpunkt der Blüte bei allen Sorten zwischen 44 und 73 kg ha⁻¹, wobei auch hier die Beregnung einen positiven Effekt zeigte und zudem festgestellt werden konnte, dass die Menge an fixiertem Stickstoff nicht sortenabhängig war. Alle Sorten erzielten signifikant gleich hohe Mengen an oberirdischer Biomasse zu BBCH 6.

Die höchste Menge an mineralisiertem Stickstoff wurde nach der Ernte der Sojapflanzen im Boden gemessen. Dies deutet auf ein hohes N-Auswaschungspotential über den Winter hin (Tab. 2). Das geringste Auswaschungspotential wurde bei der Lupine mit Winterrüben als Zwischenfrucht nachgewiesen.

Der höchste Haferkornenertrag im Folgejahr wurde mit der Vorfrucht Lupine erzielt. Auch hier zeigte sich die positive Wirkung der Zwischenfrucht. Eine positive Vorfruchtwirkung der Sojabohne im Vergleich zu den Referenzfrüchten konnte demnach nicht nachgewiesen werden.

Literatur

Recknagel, J. (2015): Soja-Anbaupotentiale und Absatzmöglichkeiten in Deutschland. Soja- Tagung, im Rahmen des bundesweiten Soja-Netzwerks. Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft.

N-Immobilisation durch Zugabe C-reicher Substrate: Effekte auf die Lachgas-Emission

S. Rothardt, I. Pahlmann und H. Kage

Christian-Albrechts-Universität, Kiel. E-Mail: Rothardt@Pflanzenbau.Uni-Kiel.de

Einleitung

Nach der Ernte von Winterraps (RAW) und Ackerbohnen (BA) verbleiben erhöhte Mengen mineralischen Stickstoffs (N) im Boden sowie stickstoffreiche Ernterückstände auf dem Feld. Im Kontrast zur hohen N-Verfügbarkeit nach Raps und Ackerbohnen weist die typische Folgefrucht Winterweizen (WW) nur eine geringe N-Aufnahme im Herbst auf. Der nicht aufgenommene Stickstoff ist damit potentiellen Verlustprozessen unterworfen in deren Verlauf auch direkte wie indirekte N_2O -Emissionen auftreten können. Die mikrobielle Immobilisation von N in der Bodenlösung, beeinflusst von der Quantität und Qualität (C-N-Verhältnis) des organischen Substrats, kann die Nettofreisetzung von mineralischem N verzögern und damit die zeitliche Synchronisation von N-Verfügbarkeit und N-Aufnahme verbessern (Chen et al., 2014).

Material und Methoden

Der Studie liegt ein Feldversuch in Spaltanlage auf dem Versuchsgut Hohenschulen in der Nähe von Kiel, Schleswig-Holstein, zu Grunde. Der Versuch wurde 2015 etabliert und wies zwei Fruchtfolgen (RAW – WW – Wintergerste (GW) und BA – WW – GW, jede Frucht in jedem Jahr) in vierfacher Wiederholung auf. Innerhalb jeder Fruchtfolge gab es vier Varianten, in denen vor WW verschiedene Substrate eingebracht wurden. In der Kontrollvariante verblieben die Ernteresiduen der Vorfrucht auf dem Feld, in zwei Varianten wurden sie durch Weizenstroh bzw. Fichtensägemehl ersetzt und in einer weiteren Variante wurden die Ernteresiduen ersatzlos entfernt. Die weitere Bewirtschaftung der Fruchtfolge erfolgte entsprechend der lokal üblichen Praxis.

Die Untersuchung der Nacherntebehandlung von 2015 bis 2018 konzentrierte sich auf die Gasflussmessung (statische Kammermethode) und die Entnahme von Bodenproben zur Bestimmung des Gehalts an mineralischem N jeweils von August bis März. Die Datenanalyse wurde mit gemischten Modellen in R durchgeführt (Pinheiro et al., 2017).

Ergebnisse und Diskussion

Die über ~6 Monate kumulierten Emissionen sind mit 0.3 bis 0.75 kg N kg⁻¹ha⁻¹ im Mittel je Variante moderat. Ein Vergleich der absoluten Zahlen legt nahe, dass die Einbringung organischer Substrate das Potential hat N_2O -Emissionen gegenüber der residuenlosen Variante zu senken.

Eine Varianzanalyse mit den Hauptfaktoren Jahr, Fruchtfolge und Substrat zeigt einen signifikanten Effekt der Substratvariante aber auch signifikante Wechselwirkungen mit dem Jahr. Ein Vergleich der Fruchtfolgen ist problematisch aufgrund unterschiedlich langer Messzeiträume (spätere Ernte BA). Beide Probleme sollen durch eine numerische Beschreibung der abiotischen Triebkräfte der N_2O -Emission (Bodentemperatur in 5 cm Tiefe und der Bodenwassergehalt in 0 - 30 cm Tiefe) in Anlehnung an Mielenz et al. (2016) adressiert werden. Die parzellenweise, getrennt für Nitrifikation und Denitrifikation, in Tagesschritten aggregierten abiotischen

Faktoren bilden sowohl die Untersuchungsdauer als auch die Emissionsbedingungen in diesem Zeitraum ab.

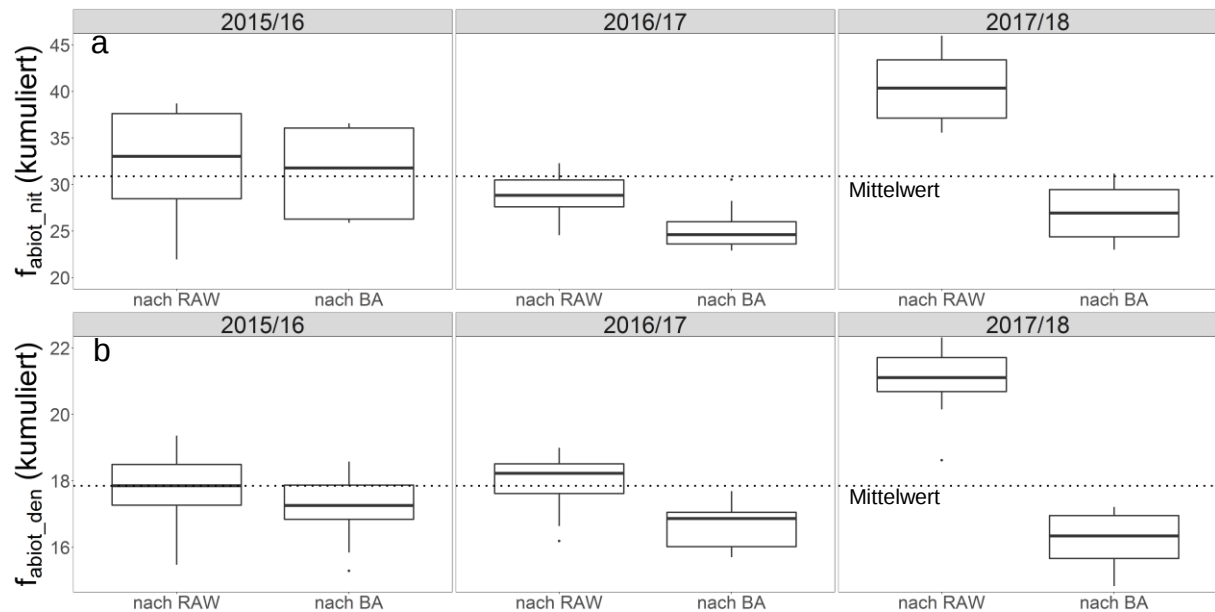


Abb. 1: Parzellenweise kumulierte Faktoren nach Mielenz et al. (2016), die die abiotischen Emissionsbedingungen der (a) Nitrifikation und (b) Denitrifikation beschreiben.

In Abb. 1 erkennt man sowohl die Bedeutung des früheren Erntezeitpunktes beim Raps, der sich in einer längeren Periode mit guten Emissionsbedingungen niederschlägt, als auch den generellen Einfluss der Witterung je Jahr. 2015/16 wurden beide Fruchtfolgen zeitnah zum ersten Mal beprobt, 2017/18 mit einem Abstand von 4 Wochen.

Die beiden abiotischen Faktoren werden in einem gemischten Modell als Kovariablen eingesetzt. Damit werden sowohl der Jahreseffekt als auch die unterschiedlich langen Messperioden durch numerische Einflussgrößen adressiert. Die Entwicklung dieser statistischen Auswertung dauert derzeit noch an.

Literatur

- Chen, B., Liu, E., Tian, Q., Yan, C., Zhang, Y., 2014. Soil nitrogen dynamics and crop residues. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34, 429–442
- Mielenz, H., Thorburn, P.J., Scheer, C., De Antoni Migliorati, M., Grace, P.R., Bell, M.J., 2016. Opportunities for mitigating nitrous oxide emissions in subtropical cereal and fiber cropping systems: A simulation study. *Agric. Ecosyst. Environ.* 218, 11–27.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., 2017. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models. R package version 3.1-131.

N-Mineralisierungskinetik von Wirtschaftsdüngern basierend auf *Miscanthus*-Häckselgut

Michael Stotter^{1,2}, Martin Hamer¹, Samantha Antonini¹, 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

Im Zuge der GAP-Reform 2017 wurde *Miscanthus* ab 2018 als greeningfähige Kultur anerkannt ^[1]. Seine Schnittnutzung ist sowohl für die energetische als auch für die stoffliche Verwertung erlaubt. Da ein Anstieg der Anbaufläche zu erwarten ist, wird auch die innerbetriebliche Verwertung in Form von Einstreu im Tierbereich zunehmen. Bisher ist die Auswirkung des entstehenden Produktes, dem Stallmist auf Basis von *Miscanthus*-Häckselgut-Einstreu, auf die N-Aufnahme von Pflanzen unerforscht. Insbesondere im Hinblick auf das Urteil des Europäischen Gerichtshofes gegen die Bundesrepublik Deutschland aufgrund nicht ausreichender Maßnahmen zum „Schutz der Gewässer vor Verunreinigung durch Nitrat“ ^[2] ist zu erwarten, dass das deutsche Aktionsprogramm überarbeitet wird, um weitere Klagen abzuwenden. Dazu kann eine Vervollständigung der Werte zur N-Anrechenbarkeit eines Wirtschaftsdüngers, basierend auf *Miscanthus*-Häckselgut, für die Düngebedarfsermittlung und dem Nährstoffvergleich, beitragen. Zudem führt die Erkenntnis über die N-Mineralisierung von *Miscanthus*-Wirtschaftsdünger dazu, die Auswirkungen auf die Nitratkonzentrationen im Grundwasser nach dessen Anwendung besser abschätzen zu können. Zukünftig kann dadurch der zweiten Rüge des jetzigen EuGH-Urteils, bezüglich ausbleibender Verbesserung der Wasserqualität, entgegengewirkt werden. Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es daher, die N-Aufnahme von Weidelgras, gedüngt mit einem Stallmist, basierend auf *Miscanthus*-Einstreu, innerhalb eines Gefäßversuches aufzuzeigen.

Material und Methode

Auf dem Campus Klein-Altendorf der Universität Bonn wurde ein Gefäßversuch mit Kick-Brauckmann-Gefäßen im Gewächshaus durchgeführt. Dazu wurde der Oberboden des Versuchsgutes, eine Parabraunerde, auf 10 mm gesiebt und homogenisiert. In jedes Gefäß wurden 120 kg N_{ges}/ha eingearbeitet und Deutsches Weidelgras (*Lolium Perenne*, Valerio) mit einer Saatstärke von 40 kg/ha ausgesät. Durch die Zugabe von Nährlösungen wurde eine optimale Versorgung mit Makro- und Mikronährstoffen sichergestellt. Die fünf Varianten mit fünffacher Wiederholung setzen sich wie folgt zusammen: Rindergülle (RG), Rindermist aus *Miscanthus*-Einstreu (RM-Mis), Rindermist aus Weizenstroh-Einstreu (RM-We), Ammoniumharnstofflösung (AHL) und der Nullvariante. Deren Nährstoffgehalte sind der Tabelle 1 zu entnehmen. 68

Tab. 1: N_{ges}-N-Gehalt, NH₄⁺-N-Gehalt und das C/N-Verhältnis der eingesetzten N-Dünger.

	RG	RM-Mis	RM-We	AHL
N _{ges} -N [kg/m ³] / [kg/t]	3,96	7,44	12,40	280
NH ₄ ⁺ -N [kg/m ³] / [kg/t]	1,75	0,20	0,10	70
C/N- Verhältnis	9,80	21,00	10,00	-

Tage nach der Aussaat wurde das Weidelgras geerntet, der oberirdische Trockenmasseertrag ermittelt und mittels Elemental Analyser EA 3000 die CN-Konzentration im Weidelgras bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Netto-N-Freisetzung berechnet sich aus der N-Aufnahme des Weidelgras' der jeweiligen Variante abzüglich der N-Aufnahme des Weidelgras' der Nullvariante. Sie liegt in der AHL-Variante, die ohne organische Substanz in den Boden eingearbeitet wurde, im hohen positiven Bereich. Die flüssige Rindergülle zeigt unter den organischen Wirtschaftsdüngern als einzige eine geringe Netto-N-Freisetzung. Sie weist gleichzeitig die höchste Menge der pflanzenverfügbaren Stickstoffverbindung $\text{NH}_4^+\text{-N}$ auf. Die beiden Stallmistvarianten zeigen negative Netto-N-Freisetzungen. Die N-Aufnahme des Weidelgras' beider Stallmistvarianten liegt somit niedriger als in der Nullvariante ohne Zugabe einer jeglichen N-Gabe. Die Einarbeitung organischer Substanzen muss damit eine

mikrobielle, physikalische

und/oder chemische N-Immobilisierung induziert haben. Unter den beiden Stallmistvarianten zeigt der auf *Miscanthus*-Einstreu basierende Stallmist eine stärkere N-Festlegung. Die höhere Aufwandmenge an eingearbeiteter organischer Substanz, zusammen mit dem höheren C/N-Verhältnis der *Miscanthus*-Variante, können die Ergebnisse begründen. Damit ist es wahrscheinlich, dass in der ersten Zeit nach Einarbeitung von Rindermist auf Basis von *Miscanthus*-Einstreu keine höheren Frachten an auswaschungsgefährdetem $\text{NO}_3^-\text{-N}$ mineralisiert werden, sondern vielmehr eine N-Festlegung auftritt. Versuche über einen längeren Zeitraum müssen diese Ergebnisse bestätigen und können die Mineralisierungskinetik des neuartigen Wirtschaftsdüngers beschreiben.

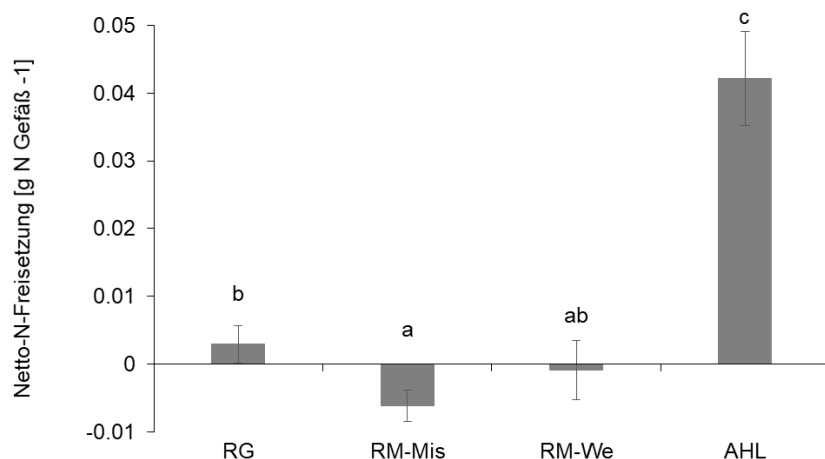


Abb. 1: Netto-N-Freisetzung der eingesetzten N-Dünger, ermittelt aus der ersten Ernte 68 Tage nach Aussaat. $n = 5$, $\alpha \leq 0,05$.

Danksagung

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln der Struktur- und Investitionspolitik der Europäischen Union (Projekt INTERREG „Food Pro-tec-ts“) gefördert.

Literatur

- [1] European Parliament legislative resolution of 12 December 2017 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on the financial rules applicable to the general budget of the Union and amending Regulations (EU) No 1305/2013, (EU) No 1306/2013, (EU) No 1307/2013, (EU) No 1308/2013 and (EU) No 652/2014 of the European Parliament and of the Council.
- [2] Urteil des Gerichtshofs (Neunte Kammer) vom 21.06.2018, ECLI:EU:C:2018:481, Rechtssache C-543/16.

Dry matter partitioning in greenhouse cucumber as influenced by light and nitrogen

Adjoa Sekyi-Appiah, Dany Pascal Moualeu, Yi-Chen Pao and Hartmut Stützel

Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Hannover, Germany
E-Mail: adjoasekyiappiah@yahoo.com

Introduction

Cucumber has always been one of the very important greenhouse crops cultivated worldwide with several benefits derived from its usage. Because its growth tends to be indeterminate, the balance of photo assimilates between both its vegetative and generative parts is essential for optimum crop production even though fruits remain the utmost reason for production (Marcelis,1992).A better understanding of the distribution of assimilates among the various plant parts enhances the accuracy in the simulation of crop production such that growers are able to predict the future production capacity of their crops. The nutrient status and availability of light for a plant has been recognized as important factors in the determination of dry weight partitioning (Levin et al.,1989). To improve the understanding of the influence of yield-limiting factors on crop production, it is useful to study source-sink relationships and the regulation of carbon partitioning among sinks in plants. This study aims at evaluating the influence of different light environments and nitrogen regimes on dry matter partitioning and productivity of greenhouse cucumber. The research was conducted from spring to summer 2017 in a greenhouse with two different levels of nitrogen supply (35 and 140 mg N/L⁻¹,) and two light environments (shaded, non-shaded).Their combined influences on the proportion of crop dry matter distributed and its dynamics in the various organs evaluated.Hypotheses in this study were;

- The fraction of dry mass partitioned to leaves remain constant during the early vegetative phase and decreases rapidly with floral (fruit) development.
- As the cucumber plant ages, the dry matter partitioned into its petioles and stems remain constant.
- During the generative stage, fruits tend to be the strongest sinks for assimilates.

Materials and Methods

Cucumber(*Cucumis sativus*) seeds cv.*Aramon* were sown in rock-wool cubes in the greenhouse of the Institute of Horticultural Production Systems, Leibniz Universität Hannover, Germany (52.50N, 9.70E) .There were two trials held,one in Spring 2017 (April-May) and one in summer 2017(July-August). Seven days after sowing, seedling was transplanted into larger rock-wool cubes (10 cm x 10 cm x 6.5 cm) for another seven days until appearance of the third true leaf. After the third leaf appeared (leaf length $\approx$ 3 cm), the seedlings were moved into the greenhouse.The design was laid out as split plots in a greenhouse. Plants were grown in double rows; each row represented one level of nitrogen. Rows were oriented from north to south. In the southern half of the greenhouse, all rows were with shading net that absorbed about 50% of photosynthetically active radiation (PAR).Sensors were placed in between the canopy from the ground so light measurements were taken. Greenhouse ventilations were opened when the temperature during daytime reached

24°C and 20°C during nights. The relative humidity was maintained at 50 – 60%. Air temperature in the greenhouse was recorded hourly. Parameters that were taken included leaf, petiole, stem, fruit growth and yield indices, SPAD and light measurements.

Results and Discussion

The proportional dry matter distribution between fruits and vegetative parts showed a cyclic pattern such that the daily amount distributed to the fruits varied between 40 and 90% of the total dry matter production. The cumulative dry weight of the fruits remained fairly constant at 50% of the cumulative plant dry weight. These values were in agreement with results attained by Marcelis (1994). Fruit growth strongly reduced dry matter partitioned into leaves while the distribution between stems and petioles remained constant at 20% and 10% respectively. This pattern confirms the fact that fruits remain the strongest sinks in indeterminate crops.

In a study conducted by Liebig (1978), the variation in proportional dry matter distribution between fruits and vegetative parts were not affected by changes in the climate conditions. Similar results were attained in this study. The combined effects of nitrogen and light influenced only the morphological traits of the cucumber and thus its dry matter production, but had no influence on the manner in which dry matter was distributed to the various parts of the plant.

References

- Levin, S.A., Mooney, H.A. & Field, C. (1989) The dependence of plant root:shoot ratios on internal nitrogen concentration. *Annals of Botany* 64, 71–75.
- Liebig, H.P., 1978 Influence of endogenous and exogenous factors on the yield formation from cucumbers (*Cucumis sativus* L.) under special rhythm and stand density. Dissertation, Technical University, Hannover.
- Marcelis L. 1992a. The dynamics of growth and dry matter distribution in cucumber. *Ann. Bot.* 69: 487-492.
- Marcelis LFM. 1992b. Non-destructive measurements and growth analysis of the cucumber fruit. *Journal of Horticultural Science* 67:457-464
- Marcelis L. 1994. A simulation model for dry matter partitioning in cucumber. *Annals of Botany*, 74: 43-52.

Effect of different mineral and organic fertilization on microbial biomass carbon, CO₂ respiration of the soil and crop yield in the long-term field experiment (exhaustion experiment) Giessen

Aitak Sadeghi and Bernd Honermeier

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

Introduction

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

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

The objective of this research is to investigate the effect of long-term different fertilization systems carried out over 60 years on selected soil parameters such as soil microbial biomass C, soil respiration and chemical soil parameters as well as on yield, quality and nutrient uptake of the crops. In the current study soil microbial biomass C and soil respiration and yield of the crops under the crop rotation from 2014 to 2016 parameters will be presented and discussed.

Material and Methods

The Giessen exhaustion field experiment has been carried out since 1954 as a long-term field experiment in western part of Giessen (50° 36' 36" North, 8° 39' 13.103" East, 158 m above sea level) on silty clay soil under the crop rotation of sugar beet, winter wheat and summer barley. The soil texture (0 – 30 cm) includes 36% clay, 58% silt and 6% sand. The humus content of the topsoil horizon varies around 2% and the field capacity (0 – 100 cm) is about 202 mm. The soil classification is considered as a Fluvic Gleyic Cambisol. The trial is established as a strip plot design with two factors and four replications. The factors include: factor A with three levels of different dosages of fertilization: (1) 50% NPK, (2) 100% NPK, (3) 100% NPK + cattle manure every third year to the sugar beet and factor B includes five levels of different combinations of fertilization: (1) N0/P0/K0, (2) N0/P+/K+, (3) N+/P0/K+, (4) N+/P+/K0, (5) N+/P+/K resulting in 15 treatments. From 2014 till 2016 after harvesting of the crop soil samples were taken from the depth of 0-30 cm for the analysis of soil parameters. Soil respiration analysis was done by Multiplexed flask system LI 8100 IRGA and soil microbial biomass C was measured through the method of fumigation extraction by UV.

Results and Discussion

It was found, that both mineral fertilisation and manure application had significant effects on relevant soil parameters. In terms of soil respiration, the main effect of different dosages and combinations of fertilisation showed a significant effect during all 3 years. In all years the combination of manure and full amount of mineral fertilisation showed the highest amount in comparison with the treatments without manure. There was a clear difference between above mentioned treatments which indicated the highest value and the treatments without manure ($p < 0.01$) and in terms of the effect of different combinations of mineral fertilisation the treatments with N fertilisation indicated higher soil respiration in comparison with the treatments without N fertilisation ($p < 0.01$).

Regarding soil microbial biomass C, the interaction effect showed a significant difference during all 3 years. In 2014 the highest value referred to full 100% NPK+ manure which was about 1040 $\mu\text{g C/g dw}$ followed by 100% NP+ manure which was nearly 608 $\mu\text{g C/g dw}$ and the lowest amount belonged to control (152 $\mu\text{g C/g dw}$). The highest value of soil microbial biomass in 2015 referred to 100% NPK+ manure which was almost 1446 $\mu\text{g C/g dw}$ and the lowest amount belonged to control (176 $\mu\text{g C/g dw}$). In 2016 soil microbial biomass C showed the same trend as well. 100% NPK+ manure led to the highest amount of approximately 800 $\mu\text{g C/g dw}$ followed by 100% NK + manure which was almost 510 $\mu\text{g C/g dw}$ and the lowest amount belonged to control (150 $\mu\text{g C/g dw}$).

With respect to summer barley grain yield in 2014, the interaction effect was significant. The highest value referred to different combinations of 100% NK + manure and 100% NPK + manure application and there was not any significant difference among the above mentioned treatments. However there was a significant effect between the treatments that demonstrated the highest grain yield and the control. Regarding beet yield in 2015, the interaction effect was significant. 100% NP + manure indicated the highest value which was approximately 185 dt/ha and the lowest value belonged to the treatments without N fertilization and manure application and that was almost 75 dt/ha. In terms of wheat grain yield in 2016, the same trend was achieved. The highest value referred to the treatments with full amount of N fertilization and manure application which was nearly 98 dt/ha at highest level. The lowest value belonged to control and the treatments without N fertilisation and manure application which was almost 21dt/ha at the lowest level.

It is concluded that through a long term period of time the application of manure resulted in enhancement of soil organic matter and improved some soil physical properties and with integration of inorganic fertilization lead to higher soil microbial biomass and higher crop yields.

Literature

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

Carbon footprint of drip vs. flood irrigated cotton (*Gossypium hirsutum* L.) in NW China

Til Feike¹ and Nan Ha²

¹Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut (JKI) | Federal Research Centre for Cultivated Plants, Kleinmachnow; ²Institute of Farm Management, University of Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Introduction

Agriculture contributes to and suffers from global climate change at the same time. In China, which is the world's largest GHG emitter, emissions from agricultural sources increased by around 50% over the last 20 years. Hence, it is important to evaluate the sources of GHG emissions from crop production and identify opportunities for emission reduction. Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) as the most important cash crop in China supplies feedstock for the national textile industry and contributes to rural incomes and development. However, cotton is a very resource intensive crop with significant environmental impact (Feike et al., 2017). To improve farmers' cotton production and reduce its climate change impact, it is important to assess and evaluate the status quo of production. An important innovation that took place in Chinese cotton production over the last decade is the use of drip irrigation under plastic mulch (Mamitimmin et al., 2015). Hence, we focus in the present analysis on the comparative assessment of the modern drip irrigation system vs. the traditional flood irrigation system.

Material and Methods

We selected Xinjiang province for our study, as it is the most important cotton production region in China, contributing around 10% to global cotton production. The region features an ideal climate for cotton cultivation with high radiation and low precipitation. We interviewed more than 200 cotton producers on their detailed crop management including all material inputs like seed and fertilizer, their use of electricity and diesel as well as their cotton yield. About half of the surveyed farmers used drip irrigation, while the other half of farmers used flood irrigation. Applying a partial life cycle assessment approach (Ha et al., 2015) we calculated the GHG emissions per unit of land and the carbon footprint per produced unit of cotton for every specific farm following IPCC guidelines (IPCC, 2006).

Results and Discussion

We found huge differences among farms indicating the potential for improving input use efficiency and yield levels to reduce emissions and improve carbon footprints. In average flood irrigation farmers had lower GHG emissions per unit land compared to drip irrigation farmers (cf. Fig. 1). The main reason for the increased emissions are the higher use of electricity in drip irrigation. Drip irrigation requires the use of electric pumps to distribute pressurized water within the fields, while flood irrigation can often feed from surface water provided by channels. In both groups the main contributors to GHG emissions are mineral fertilizer and soil borne N₂O emissions stemming from fertilized mineral and organic N as well as from crop residues. Additionally, electricity for irrigation and diesel for cultivation practices constitute significant contributors. Minor sources of GHG emissions are plastic materials from drip tubes and plastic mulch, seeds and plant protection products.

Due to the significantly higher average cotton yields in drip irrigated production of around 5500 kg ha⁻¹ compared to around 4200 kg ha⁻¹ in flood irrigated production, drip irrigation features a significantly better carbon footprint of 0.99 kg CO₂-eq kg⁻¹ compared to 1.10 kg CO₂-eq kg⁻¹ in flood irrigated production. Hence, the higher yield levels in the modern drip irrigation system overcompensate for higher emissions per unit land. The study highlights the potential for reducing the climate change impact of cotton production through improved crop management.

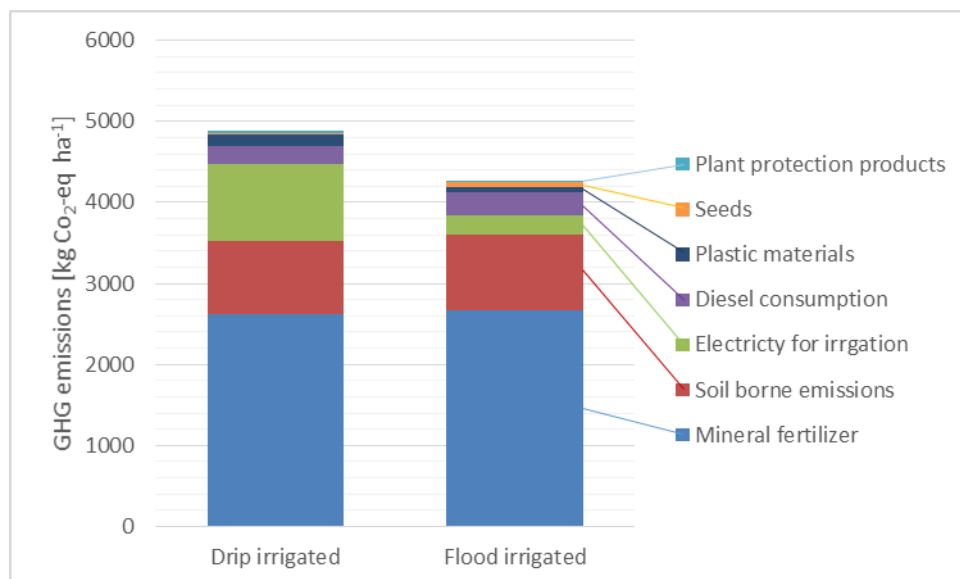


Fig. 1. Average values of GHG emissions per hectare for drip irrigated vs. flood irrigated cotton production in Northwest China.

References

- Feike, T., Khor, L.Y., Mamitimin, Y., Ha, N., Li, L., Abdusalih, N., Xiao, H., Doluschitz, R. (2017) Determinants of cotton farmers' irrigation water management in arid Northwestern China. *Agricultural Water Management* 187, pp. 1-10
- Ha, N., Feike, T., Angenendt, E., Xiao, H., Bahrs, E. (2015) Impact of farm management diversity on the environmental and economic performance of the wheat–maize cropping system in the North China Plain. *International Journal of Agricultural Sustainability* 13(4), pp. 350-366
- IPCC, Intergovernmental Panel on Climate Change (2006) In: Hayama, J.I. (Ed.), IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Available at <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/vol4.html>
- Mamitimin, Y., Feike, T., Seifert, I., Doluschitz, R. (2015) Irrigation in the Tarim Basin, China: farmers' response to changes in water pricing practices. *Environmental Earth Sciences* 73(2), pp. 559-569

Effects of Subsurface Drip Fertigation (SDF) on Plant Growth and Root Distribution

Nasser Amer, Ole Rechner und Hartmut Stützel

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

Introduction

The challenges of limited water resources, nutrient losses to the environment and declining soil fertility are well known problems worldwide (Gomiero, 2016).

Consequently, there is a high demand for solutions of managing these resources to achieve high water and nutrient use efficiencies. Subsurface Drip Fertigation (SDF) is a highly efficient irrigation system that uses buried drip tubes or drip tapes to discharge irrigation water directly into the root zone, preventing water loss through evaporation, run off and other negative effects of surface irrigation (Hagin and Lowengart, 1996). Additionally, the use of SDF allows the virtual elimination of crop water stress, and makes it possible to apply water and nutrients together directly into the root zone. Adoption of SDF in a new region can be hampered by the lack of good information on design, management, and crop performance (Lamm, 2009). The performance of different crops regarding SDF has not been investigated so far.

Materials and Methods

In this regard a 3 year research was carried out at the Leibniz Universität Hannover experimental station in Ruthe. The location of the site is 15 km south of Hannover (52°14' N, 9°48' E). The soil at the site was mainly loess (clayey silt to silty clay) with an organic matter content of about 2%.

The purpose of the research was to evaluate the influence of the SDF system on plant growth and root distribution of red cabbage, summer wheat and sugar beet compared with a conventional control. The experiment was set up in a completely randomized design, three treatments were adopted: I) control: Broadcast fertilizer and relied just on precipitation. II) SDF-O: Plants which were planted on the irrigation line and have received fertilizers and irrigation directly from 40 cm-deep buried drip lines below the soil surface. III) SDF-B: Plants between 2 drip lines which received no direct fertilizers or irrigation. The field was divided into 6 experimental plots each one was 180 m² (30*6 m). The drip lines in the SDF plots were installed 150 cm apart and the emitters on the drip line were distributed each 0.50 m with a discharge of 1 L/h.

Irrigation needs were calculated depending on the reference crop evapotranspiration (ET_o) which was determined on a daily basis using the site climatic data (Morgan *et al.*, 2015). Additionally, the actual evapotranspiration (ET_c) was calculated based on the FAO Penman-Monteith's formula by multiplying ET_o by the crop coefficient (K_c) at different growth stages (Allen *et al.*, 1998).

Fertilizers application (Kristalon Blaumarke 19%, 6%, 20%, 3%, N, P₂O₅, K₂O, MgO, respectively) was done according to the recommendation for N fertilization by Feller *et al.* (2011) taking the initial soil mineral N level and the mineralization rate into consideration.

Results and Discussion

Results demonstrated significant differences between the SDF-O compared with the SDF-B treatments and the control regarding the shoot fresh and dry weight,

chlorophyll content, leaf number, Leaf Area Index, shoot and root nitrogen content and plant height. The trend was in the order of SDF-O > Cont $\geq$ SDF-B.

Yield in the SDF treatments was higher than in the control and SDF-B treatments. Furthermore, root dry weight at the depth of 15 cm in the SDF treatments was significantly higher than root dry weight at the depths of 30, 45, and 60 cm in both treatments (control and SDF-B).

Results show that, the method of nutrient supply to the crops can significantly influence the root dry weight, length, and density, as well as the root surface area at different soil layers.

Literature

- Allen, R.G., Raes, L.S. and Smith, D.M. (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage, Paper 56. Rome, Italy.
- Feller, C., Fink, M., Laber, H., Maync, A., Paschold, P., Scharpf, H., Schlaghecken, J., Strohmeyer, K., Weier, U. and Ziegler, J. (2011). Düngung im Freilandgemüsebau. Schriftenreihe des Leibniz-Instituts für Gemüse- und Zierpflanzenbau (IGZ) 3. Auflage, (4).
- Hagin, J. and Lowengart, A. (1996). Fertigation for minimizing environmental pollution by fertilizers. *Fertilizer Research*, 43 (1–3): 5–7.
- Gomiero, T. (2016). Soil Degradation, Land Scarcity and Food Security: Reviewing a Complex Challenge. *Sustainability*, 8, 281; doi:10.3390.
- Lamm, F. R. (2009). Managing the Challenges of Subsurface Drip Irrigation, Proceedings of the 2009 Irrigation Association Technical Conference, San Antonio, Texas, December 2-5, 2009.

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

Seyed Mahdi Nezam Abadi, Ole Rechner und Hartmut Stützel

¹Institut 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 use of water and nutrients. One of the proper methods to use water and nutrients efficiently, is a subsurface drip fertigation (SDF) system. SDF is the application of water and nutrients below the soil surface through special emitters. 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 is to better understand the reaction of sugar beet root growth to SDF applied at different depths. We used the minirhizotron technique to investigate the morphological parameters of coarse and fine root in container grown plants.

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. All pots were placed on rolling conveyers 40 cm above the ground. The conveyers were arranged in one row in the middle of vegetation hall in south-to-north direction. The experiment was performed as a complete randomized design (CRD) with three treatments in four replications in independent pots. The treatments were three different depths of fertigation, 0, 10 and 30 centimeters.

Time-domain reflectometry (TDR) sensors were placed horizontally in 25, 60 and 90 cm depth for measurement of volumetric soil moisture content. In each pot, three Plexiglas tubes were installed horizontally in 10, 20, 35 cm depth for taking root images. every 7 days, starting three weeks after germination with a CI-602 Narrow Gauge Root Imager.

Results and Discussion

Effects of SDF depth on root water and distribution and plant growth will be presented.

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

Genotypische Reaktion von Zuckerrüben auf unterschiedliche Trockenstressphasen

Henning Ebmeyer und Christa Hoffmann

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

Einleitung

Trockenstress wird als ein wichtiger ertragsbegrenzender Faktor für den Zuckerrübenanbau gesehen (Pidgeon et al. 2001). Durch erwartete klimatische Veränderungen wird es zu einer Verringerung von Sommerniederschlägen kommen (IPCC 2007). Dies führt zu Phasen von Trockenheit zur Zeit der Zuckerassimilation im Sommer, sodass die Ertragsbildung und Qualität der Zuckerrüben negativ beeinflusst werden (Bagatta et al. 2004, Hoffmann 2010). Da Rübenenertrag und Rübendurchmesser eng korrelieren (Hoffmann 2017), kann durch Messung des Rüben-durchmessers nicht-destruktiv die Ertragsbildung erfasst werden. Das Ziel dieser Untersuchung war es, die Entwicklungsphase von Zuckerrüben zu ermitteln, in der durch Trockenheit die Ertragsbildung und die Qualität am stärksten negativ beeinträchtigt werden. Außerdem sollte die Reaktion der verschiedenen Genotypen auf Trockenstress untersucht werden.

Material und Methoden

Im Gewächshaus wurde 2017 ein randomisierter Gefäßversuch mit 6 Zuckerrüben-genotypen in 5 Wiederholungen angelegt. Die Aussaat erfolgte am 27.03.2017 mit vorgekeimten Zuckerrübenpillen in 30 l Gefäße mit 42 kg Sandsubstrat. Nach dem Auflaufen wurden die Keimlinge von 12 auf 2 Pflanzen pro Gefäß vereinzelt. Die Düngung erfolgte bedarfsgerecht in 4 Gaben. Die Wasserhaltekapazität (WHK) wurde mit der Trockensubstanz und der pF-Charakteristik des Sandsubstrates bestimmt. In 4 Bewässerungsvarianten wurde neben einer Kontrollvariante (100 % WHK) ein früher Trockenstress (60 % WHK Mai), mittlerer Trockenstress (60 % WHK Juli) und später Trockenstress (60 % WHK September) von je 4 Wochen simuliert. Auf Grundlage des Gewichtes der Gefäße wurde alle zwei Tage die jeweilige Wasserhaltekapazität durch Zugabe von Wasser wieder eingestellt. Der Rübendurchmesser wurde an der breitesten Stelle der Rübe gemessen. Bei der Ernte wurden der Rübenenertrag sowie die qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffe (Zuckergehalt, Kalium, Natrium, Amino-N) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass der Rübendurchmesser bei frühem Trockenstress im Mai im Vergleich zur Kontrollvariante deutlich vermindert war (Abb. 1). Trotz ausreichender Bewässerung nach der Trockenstressphase konnte der Wachstumsrückstand im Mittel über alle Sorten und Wiederholungen nach einem frühen Trockenstress im Verlauf der Wachstumsperiode nicht mehr aufgeholt werden. Mittlerer und später Trockenstress hatten nur eine leichte Verringerung des Rübendurchmessers zur Folge. Daher ist davon auszugehen, dass der frühe Trockenstress die Ertragsbildung am stärksten beeinträchtigt.

Die Ergebnisse vom Zuckerertrag bei Trockenstress bestätigen dieses Ergebnis. Bei frühem Trockenstress war der Zuckerertrag signifikant geringer als bei der Kontrolle oder spätem Trockenstress (nicht dargestellt).

Zudem verursachte früher Trockenstress eine stärkere Anreicherung von Nichtzuckerstoffen wie Amino-N (Abb. 2) und Kalium (nicht dargestellt) und beeinträchtigt damit die Qualität negativ. Jedoch wurden hier genotypische Unterschiede festgestellt. Die Genotypen 5 und 6 zeigten bei frühem Trockenstress mit danach ausreichender Bewässerung Amino-N-Gehalte in einer praxisüblichen Größenordnung, hingegen reicherten die Genotypen 1 und 2 bei frühem Trockenstress größere Mengen Amino-N an. Möglicherweise können die Genotypen 5 und 6 die Anreicherung von Aminosäuren durch frühen Trockenstress ausreichend metabolisieren, um am Ende der Wachstumsperiode geringe Gehalte auf dem Niveau der Kontrolle zu haben.

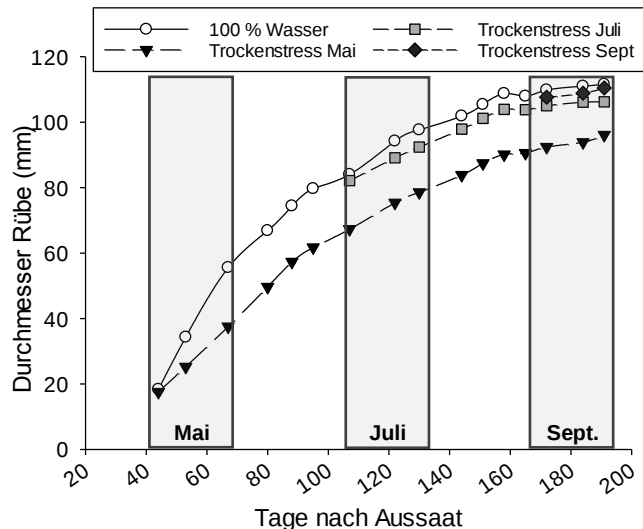


Abb. 1: Einfluss unterschiedlicher Trockenstressphasen auf den Rübindurchmesser, Gefäßversuch im GWH, Mittel aus 6 Sorten, 5 Wdh., Wachstum 191 Tage (27.03.-04.10.17), Trockenstress 60 % der WHK.

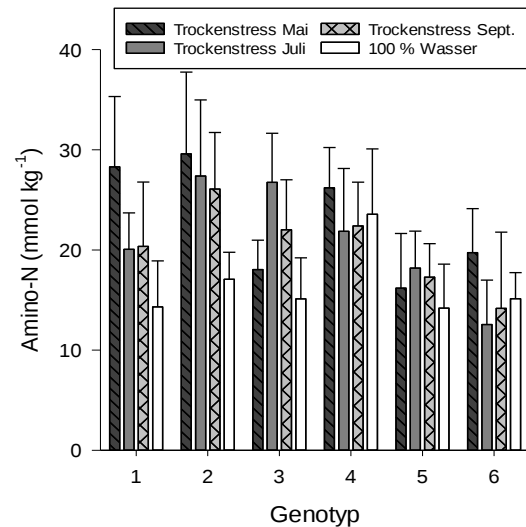


Abb. 2: Amino-N-Gehalt von 6 Genotypen in Abhängigkeit der Trockenstressphase, Gefäßversuch im GWH, Mittel aus 5 Wdh., Wachstum 191 Tage (27.03.-04.10.17), Trockenstress 60 % der WHK.

Die Ergebnisse zeigen, dass früher Trockenstress im Mai sowohl den Ertrag als auch die Qualität am stärksten beeinträchtigte. Dabei zeigten sich genotypische Unterschiede in der Reaktion auf Trockenstress. In Folgeversuchen müssen die physiologischen Ursachen für die Beeinträchtigungen durch frühen Trockenstress untersucht werden, um in Zukunft trockentolerante Sorten entwickeln zu können.

Literatur

- Bagatta, M., Bagnaresi, P., Arru, L., Rognoni, S., Pertata, P., Ranalli, P., Mandolino, G. (2004): A physiological and molecular description of the water stress in sugar beet. Proceedings of the XLVIII Italian Society of Agricultural Genetics – SIFV-SIGA Joint Meeting Lecce, Italy.
- Hoffmann C. (2010): Sucrose accumulation in sugar beet under drought stress. *Journal Agronomy & Crop Science* 196, 243–252.
- Hoffmann C. (2017): Changes in root morphology with yield level of sugar beet. *Sugar Industry* 142, 420-425.
- IPCC (2007): Summary for policymakers. In 'Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change'. (Hrsg. Parry, M.L., Canziani, O.F., Palutikof, J.P., van der Linden, P.J., Hanson, C.E.), 7–22. (Cambridge University Press: Cambridge, UK).
- Pidgeon, J.D., Werker, A.R., Jaggard, K.W., Richter, G.M., Lister, D.H., Jones, P.D. (2001): Climatic impact on the productivity of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) in Europe 1961-1995. *Agric. Forest Meteorol.* 109, 27-37.

Modellierung der Transpiration von Gewächshausgurken (*Cucumis sativus* L.) unter Salzstress

Christina Dreier, Dany Moualeu-Ngangue und Hartmut Stützel

Leibniz Universität Hannover, Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Hannover. Email: christina-dreier@web.de

Einleitung

Die Transpiration ist ein wichtiger Bestandteil des Energie- und Wasserhaushaltes von Pflanzenbeständen und der zentrale Kühlmechanismus in Gewächshauskulturen. Dabei ist die Modellierung der Transpiration für die Klima- und Bewässerungskontrolle von grundlegender Bedeutung. Es gibt viele Untersuchungen unter Feldbedingungen, über die Transpiration in Gewächshäusern und unter Stressbedingungen ist deutlich weniger bekannt. Die zentrale Fragestellung befasst sich mit der Erstellung mehrerer Modelle in unterschiedlichen Komplexitätsgraden, um anhand der Temperatur, Luftfeuchtigkeit und Einstrahlung die Transpiration von Gewächshausgurken in Abhängigkeit von der Salzkonzentration zu modellieren.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in zwei Wiederholungen (Frühjahr, Sommer 2017) in einem Gewächshaus des Instituts für Gartenbauliche Produktionssysteme, Leibniz Universität Hannover, durchgeführt. Drei Wochen nach der Aussaat wurden die Gurkenpflanzen *Cucumis sativus* L. cv. Aramon (salz-sensitiv) für fünf Wochen in Salzstress versetzt: 25 mmol NaCl L⁻¹ (EC-Wert: 4 dS m⁻¹), 50 mmol NaCl L⁻¹ (EC-Wert: 6 dS m⁻¹) und eine Kontrolle (EC-Wert: 1 dS m⁻¹). Während des Salzstresses wurden die Pflanzen digitalisiert (nicht-destruktive Vermessung der Pflanzenarchitektur), der photosynthetische Gasaustausch mit einem tragbaren Photosynthesemessgerät gemessen und das verbrauchte Wasser mittels Waagen bestimmt.

Ausgehend von den erhobenen Daten des Sommersversuches wurden drei Modelle zur Modellierung der Transpiration entwickelt und mit dem Frühjahrsversuch evaluiert. Alle drei Modelle sind Weiterentwicklungen der Penman-Monteith-Gleichung (1).

$$\lambda ET = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a c_p (e_s - e_a) / r_a}{\Delta + \gamma(1 + r_s / r_a)} \quad (1)$$

Dem ersten Modell liegt das FAO-Penman-Monteith-Modell zugrunde. Zunächst wird die Referenzevapotranspiration (ET₀) berechnet, welche die Evapotranspiration einer Referenzfläche mit definierten Eigenschaften angibt. Über eine Multiplikation mit kulturspezifischen Korrekturwerten (K_C-Werten) und Salzstress-Korrekturwerten (K_S-Werten) wird die kulturspezifische Evapotranspiration (ET_C) ermittelt.

Das zweite Modell wurde aus der von Prado et al. (2017) weiterentwickelten Penman-Monteith-Formel erarbeitet. Hier wird anstelle des Oberflächen- und aerodynamischen Widerstandes die Bestandes-stomatäre und aerodynamische Leitfähigkeit verwendet. Um die stomatäre Leitfähigkeit des Bestandes zu berechnen wurde folgende Formel (2) entwickelt:

$$g_s = \frac{g_{smax}}{1 + \frac{VPD}{D_0}} * \exp\left(-\frac{1}{2} * \left(\ln\left(\frac{t}{t_{max}}\right) * \frac{1}{h}\right)^2\right) \quad (2)$$

Für das dritte Modell wurde die von Stanghellini (1987) weiterentwickelte Penman-Monteith-Gleichung angepasst, welche für die Berechnung der Evapotranspiration in Gewächshäusern mit Windgeschwindigkeiten $< 1 \text{ m s}^{-1}$ ausgelegt ist und um den Blattflächenindex (LAI) und den Strahlungswiderstand (r_R) erweitert wurde. Die Anpassung des Modells stellt die Verwendung der in (2) dargestellten Formel der Bestandes-stomatären Leitfähigkeit anstelle des Kronendachwiderstandes (r_C) dar. Der Salzstress wird in Modell 2 und 3 nicht durch festgelegte Werte, sondern über die Veränderung des Blattflächenindexes dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Transpiration der Kontrollpflanzen steigt im Versuchsverlauf kontinuierlich an. Bei den salzgestressten Gurkenpflanzen ist der Anstieg der Transpiration geringer und sinkt ab ca. 20 Tagen (Pflanzen mit $25 \text{ mmol NaCl L}^{-1}$) bzw. 14 Tagen nach Beginn des Salzstresses (Pflanzen mit $50 \text{ mmol NaCl L}^{-1}$) ab. Der zeitliche Verlauf der Bestandes-stomatären Leitfähigkeit ist ähnlich; bei ungestressten Pflanzen steigt sie stärker an als bei salzgestressten Pflanzen. Außerdem bleibt sie ab ca. 20 Tagen ($25 \text{ mmol NaCl L}^{-1}$) bzw. 14 Tagen nach Beginn des Salzstresses ($50 \text{ mmol NaCl L}^{-1}$) konstant. Durch die Modellierung der Bestandes-stomatären Leitfähigkeit unter Salzstress ist es gelungen, die Transpiration unter Salzstress zuverlässig abzuschätzen. Die Änderungen in der Transpiration aufgrund von Salzstress können somit durch die aerodynamische und Bestandes-stomatäre Leitfähigkeit erklärt werden.

Die Modelle 2 und 3 stellen die Transpiration der Gurkenpflanzen sowohl ohne Stressbedingungen als auch unter Salzstress gut dar. Das Modell 1 bildet die Transpiration sehr ungenau ab, da der Entwicklungszustand der Pflanzen anhand von drei Entwicklungsstufen und nicht über den Blattflächenindex berechnet wird. Dieses Modell ist deshalb für die Modellierung der Transpiration im Gewächshaus ungeeignet.

Literatur

- Allen, R. G. (1998): Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. Rome (FAO irrigation and drainage paper, 56).
- Prado, S. A.; Cabrera-Bosquet, L.; Grau, A.; Coupel-Ledru, A.; Millet, E. J.; Welcker, C.; Tardieu, F. (2018): Phenomics allows identification of genomic regions affecting maize stomatal conductance with conditional effects of water deficit and evaporative demand. In: *Plant, cell & environment* 41 (2), S. 314–326.
- Stanghellini C. (1987): Transpiration of greenhouse crops: an aid to climate management. Dissertation, Wageningen

Etablierung einer Untersaat zur Beikrautunterdrückung im ökologischen Sojaanbau

Mareike Beiküfner, Dieter Trautz und Insa Kühling

Fachgebiet Umweltschonende Landbewirtschaftung, Fakultät A&L, Hochschule Osnabrück, Osnabrück.

E-Mail: mareike.pils@hs-osnabrueck.de

Einleitung

Beim Anbau von Sojabohnen (*Glycine max* (L.) Merr.) besteht während der Abreife die Gefahr von Spätverunkrautung (Gerhards, 2017). Im ökologischen Anbau hat die mechanische Beikrautregulierung einen hohen Stellenwert. Zusätzlich können eine engere Reihenweite und eine hohe Aussaatstärke zur Beikrautunterdrückung beitragen (Reddy, 2002). Dennoch besteht unter Umständen die Möglichkeit, dass diese Maßnahmen nicht ausreichend zur Vorbeugung von Spätverunkrautung sind. Die Etablierung von Untersaaten kann durch Konkurrenz um Wachstumsressourcen den Beikrautdruck reduzieren, insbesondere, wenn keine mechanische Beikrautregulierung mehr möglich ist. Allerdings können bei einem starken Wachstum der Untersaaten ebenfalls Ertragsreduktionen bei der Sojabohne auftreten (Uchino et al., 2009). Im Jahr 2017 wurde in einem Feldversuch an der Hochschule Osnabrück überprüft, ob Untersaaten einen zusätzlichen Beitrag zu den praxisüblichen Maßnahmen leisten und welchen Effekt die Untersaaten und auftretenden Beikräuter auf den Kornertrag der Sojabohne haben.

Material und Methoden

Es wurden drei frühreifende (000) Sojasorten (Lissabon, Amandine, Sultana) mit zwei verschiedenen Untersaatmischungen (Dt. Weidelgras (*Lolium perenne* (L.)) in Reinsaat oder in Kombination mit Weißklee (*Trifolium repens* (L.)), im Folgenden Klee gras genannt) und ohne Untersaat (Kontrolle) in einer randomisierten Blockanlage mit fünffacher Wiederholung ökologisch angebaut. Die Parzellengröße betrug 15 m² mit einem Reihenabstand von 37,5 cm und einer Aussaatstärke von 70 Körnern m⁻² für die Sojabohne. In allen Untersaatvarianten wurden die Beikräuter mittels Striegel und Scharhacke vor Aussaat der Untersaat reguliert. Die Aussaat der Untersaaten erfolgte 6 Wochen nach Aussaat der Sojabohne zwischen die Reihen mit einer Aussaatstärke von 15 kg ha⁻¹ (Dt. Weidelgras) bzw. 20 kg ha⁻¹ (Klee gras). Es wurden der Kornertrag und die Pflanzenlänge der Sojabohne, sowie die Beikrautdichte und die Deckungsgrade der Beikräuter und der Untersaaten zu zwei Messterminen (Juli und September) zwischen den Reihen erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die Beikrautdichte und der Beikrautdeckungsgrad konnten vor allem durch die Klee grasuntersaat signifikant reduziert werden (Abb.1). Allerdings fiel der Beikrautdeckungsgrad insgesamt gering aus. Der Beikrautdeckungsgrad wurde zudem signifikant von der Interaktion zwischen Sojasorte und Messtermin beeinflusst (Tab. 1). In Beständen mit Sultana wurde ein signifikant höherer Untersaatdeckungsgrad (27,5 %) bei einer geringeren Pflanzenlänge (63,5 cm) gegenüber Beständen mit Amandine (15 %; 93,1 cm) festgestellt. Lissabon unterschied sich zwar hinsichtlich der Pflanzenlänge (73,6 cm) signifikant von Sultana und Amandine, allerdings nicht hinsichtlich des Untersaat-

deckungsgrades (20,2 %). Weder die Sojasorte noch die Untersaatvariante (inkl. Kontrolle) hatten einen signifikanten Einfluss auf den Kornertrag der Sojabohne. Jedoch war der Kornertrag tendenziell geringer bei einem höheren Beikraut- und Untersaatdeckungsgrad. Die hohe Pflanzenlänge der Sojasorte Amandine führte vermutlich zu einer höheren Beschattung und hemmte sowohl die Entwicklung der Untersaaten als auch der Beikräuter. Hieraus wurde die Schlussfolgerung gezogen, dass die Untersaaten kompatibler mit kurzstrohigen Sojasorten waren.

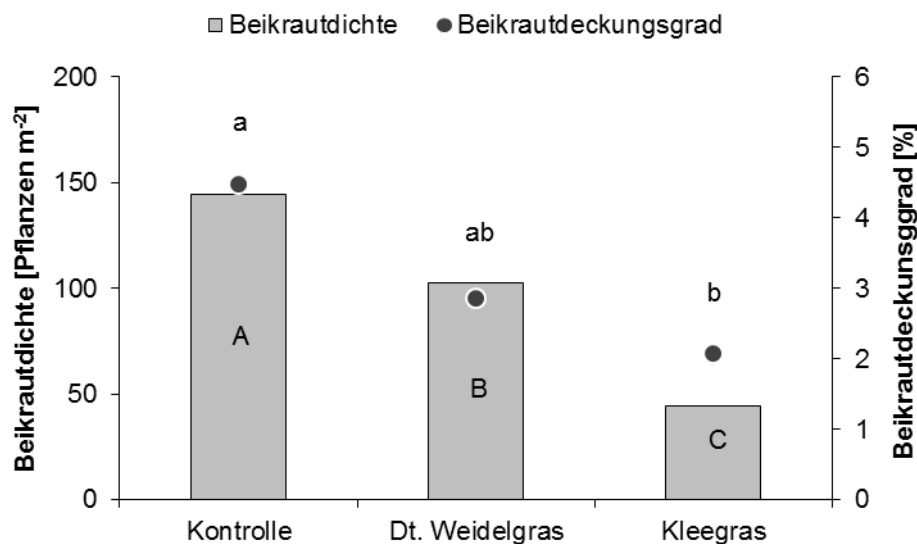


Abb. 1: Beikrautdichte und Beikrautdeckungsgrad im Mittel ($n = 15$) über den Faktor Sojasorte für die Untersaatvarianten. Unterschiedliche Kleinbuchstaben belegen signifikante Mittelwertunterschiede des Beikrautdeckungsgrades und unterschiedliche Großbuchstaben belegen signifikante Mittelwertunterschiede der Beikrautdichte ($p < 0,05$).

Tab.1: Beikrautdeckungsgrad im Mittel ($n = 15$) über den Faktor Untersaat für die drei Sojasorten in Kombination mit den zwei Terminen. Unterschiedliche Kleinbuchstaben belegen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Sorten innerhalb eines Termins ($p < 0,05$). Unterschiedliche Großbuchstaben belegen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen den Terminen innerhalb einer Sorte ($p < 0,05$).

Sorte	Beikrautdeckungsgrad [%]	
	Juli	September
Lissabon	2,94 a A	4,39 b A
Amandine	1,78 a A	1,42 a A
Sultana	2,33 a A	6,00 b B

Literatur

- Gerhards, R. (2017): Unkrautbekämpfung im Sojaanbau. In: Landwirtschaftliches Technologiezentrum Augustenberg (LTZ) (Hrsg.) „Tagungsband zur Soja-Tagung 2017“, Rastatt, 13-14.
- Reddy, K. N. (2002): Weed Control and Economic Comparisons in Soybean Planting Systems. J. Sustain. Agr. 21 (2), 21-35.
- Uchino, H., Iwama, K., Jitsuyama, Y., Yodate, T., Nakamura, S. (2009): Yield losses of soybean and maize by competition with interseeded cover crops and weeds in organic-based cropping systems. F. Crop. Res. 113 (3), 342–351.

Effects of earthworms and cover crops on plant pathogenic fungi *Sclerotinia sclerotiorum*

Pia Euteneuer¹, Helmut Wagentristl¹, Siegrid Steinkellner², Carina Scheibreithner^{2,3}
and Johann G. Zaller³

¹Experimental farm Gross-Enzersdorf/University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Gross-Enzersdorf; ²Division of Plant Protection/University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Tulln a. d. Donau; ³Institute of Zoology/University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna (BOKU), Vienna. E-Mail: pia.euteneuer@boku.ac.at

Introduction

For sustainable agriculture, ecosystem services that suppress fungal diseases become increasingly important. White mould (*Sclerotinia sclerotiorum*) is a harmful soil borne plant disease threatening over 400 crop species worldwide, including soybeans (*Glycine max*), rapeseed (*Brassica napus*) and sunflowers (*Helianthus annuus*). Sclerotia, the few mm long survival body of *S. sclerotiorum* can stay viable for five years, depending on its burial depth in soil (Cosic et al., 2012). In a laboratory food choice test we investigated the potential of the earthworm *Lumbricus terrestris* to reduce *S. sclerotiorum*. We hypothesized that depending on its moisture content sclerotia would be a food source for earthworms. Additionally, we determined the relationship of earthworms and sclerotia in field plots.

Materials and Methods

In the food choice arenas we conducted two experiments, therefore we fed two sclerotia sizes (2 mm or 4 mm). We submerged the sclerotia into moistened soil and stored them for 0, 5, 7, 9 and 13 weeks for hydration. Due to germinating or decaying processes sclerotia are softer after hydration and it was assumed that intake by earthworms is increased.

For the field trial, we inoculated sclerotia in July 2016 in mesh tubes (earthworm accessible: 3 x 10 mm; non-accessible: 1 x 1 mm) in 3 cm depth in cover crop plots (N=6). In October 2016 and March 2017 we excavated the remained sclerotia and excavated soil monoliths for earthworm sampling.

Results and Discussion

In the food choice test *L. terrestris* reduced sclerotia depending on their hydration time. After week 9 the size of sclerotia became irrelevant, as the water content of sclerotia has increased to >60%. Hydrated and non-hydrated sclerotia of 2 mm and 4 mm were reduced, but hydrated were clearly preferred by *L. terrestris*. Furthermore, earthworms showed a stronger interest in the substrates containing sclerotia and especially hydrated sclerotia than in soil only.

Results of the field experiment showed that 25% more sclerotia decomposed in the earthworm accessible inoculation tubes than non-accessible tubes. However, we found no evidence that the decaying process of sclerotia were correlated with earthworm populations in field plots. Furthermore, earthworm abundance was not affected by the presence of sclerotia, but by Brassicaceae cover crops.

Despite the size of sclerotia (2 mm or 4 mm), *L. terrestris* showed a clear feeding preference for hydrated sclerotia suggesting that earthworms can actually reduce the soil borne pathogens. Our finding may be related to previous studies of the consumption of *L. terrestris* on dark pigmented fungi (Bonkowski et al., 2000) and food with smooth surfaces such as melanin layer of sclerotia (Shumway and Koide,

1994). Our study indicated that earthworm can ingest sclerotia up to 4 mm in size, which is more than the claimed size limit of 2 mm.

Many aspects of the potential pathogen suppression of sclerotia by earthworms are still unclear and deserve further investigations.

References

Bonkowski, M., Griffiths, B.S., Ritz, K., 2000. Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia* 44, 666–676.

Cosic, J., Jurkovic, D., Vrandecic, K., Kaucic, D., 2012. Survival of buried *Sclerotinia sclerotiorum* sclerotia in undisturbed soil. *Helia* 35, 73–78.
<https://doi.org/10.2298/HEL1256073C>

Shumway, D.L., Koide, R.T., 1994. Seed preferences of *Lumbricus terrestris* L. *Appl. Soil Ecol.* 1, 11–15. [https://doi.org/10.1016/0929-1393\(94\)90019-1](https://doi.org/10.1016/0929-1393(94)90019-1)

Erbsenwicklerschäden (*Cydia nigricana*) in Körnererbsen – Einflüsse von Flächendistanz und Flächendichte

Natalia Riemer¹, Manuela Schieler² und Helmut Saucke¹

¹Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, 37213 Witzenhausen, E-Mail: natalia.riemer@uni-kassel.de

²Zentralstelle der Länder für EDV-gestützte Entscheidungshilfen und Programme im Pflanzenschutz (ZEPP), Rüdesheimer Str. 60-68, 55545 Bad Kreuznach

Einleitung

Aufgrund von Qualitäts- und Ertragsminderungen zählt der Erbsenwickler *Cydia nigricana* zu den Hauptschädlingen im Erbsenanbau. Nach Thöming et al. (2011) bestimmt, bei früh gesäten Gemüseerbsen, der Vorjahresflächenanteil innerhalb eines bestimmten Radius um die aktuelle Gemüseerbsenfläche (CAI), sowie der Mindestabstand (MD) zur Vorjahresfläche die Stärke des Befalls. In früh gesäten Gemüseerbsen wurde bereits bei einem Anbauabstand von 500 m zur Vorjahresfläche ein deutlicher Befallsrückgang festgestellt (Thöming et al., 2011). Das Verbundprojekt zielt daher darauf ab, den grundsätzlich aussichtsreichen Ansatzpunkt Schlagseparierung für die Entwicklung eines Prognosemodells zur Risikobewertung zu nutzen.

Nach Thöming et al. (2008) blieben bei Körnererbsen jedoch selbst bei Flächenabständen von bis zu 11 km sinkende Befallswerte aus. Im Gegensatz dazu beschrieben Huusela-Veistola und Jauhainen (2006) auch bei Körnererbsen eine exponentielle Befallsabnahme mit Zunahme des Anbauabstandes und empfehlen einen Mindestanbauabstand von 1,5 km. Diese teils variierenden Angaben deuten darauf hin, dass für die Identifizierung von Risikolängen für Körnererbsen eine breitere und mehrortige Datenbasis erforderlich ist.

Material und Methoden

In drei ausgewählten Modellregionen (Nordhessen, Sachsen und Sachsen-Anhalt) wurde auf allen Erbsenschlägen innerhalb eines Umkreises von 30 km² der Erbsenwicklerbefall in Pflückproben ermittelt und hinsichtlich räumlicher Risikofaktoren analysiert. Zusätzlich wurde dabei die Rolle der Wirtspflanzenphänologie differenziert nach Sommersorten und Wintersorten, sowie des jeweiligen Blühbeginns mit Blütedauer berücksichtigt.

Ergebnisse und Diskussion

Die vorläufigen Ergebnisse der Jahre 2015-2017 bestätigen die Befallsrelevanz der Anbaunähe zu Vorjahresflächen, sowohl für Winter- als auch für Sommererbsen. Bei den aktuellen Körnererbsenanbaudichten zeigten bereits geringe Flächenabstände einen deutlichen Befallsrückgang in Körnererbsen. Befallskritische Flächenabstände müssen jedoch, aufgrund der variierenden Angaben in der Literatur, als interagierende Größe aufgefasst werden. Bei niedrigeren Anbaudichten könnte sich der befallskritische Abstand deutlich vergrößern, da von einer situationsbezogenen Migrationsleitung des Schädlings auszugehen ist. Dieser Sachverhalt muss bei der geplanten Entwicklung der computergestützten Entscheidungshilfe (EHS), welche eine räumlich-zeitliche Koinzidenzvermeidungsstrategie als Ansatzpunkt hat, berücksichtigt werden.

Das Verbundprojekt wird vom BÖLN unterstützt (<http://orgprints.org/29220/>). Unser Dank gilt dem BMEL, Bundesprogramms Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN), insbesondere den Verbundpartnern aus 12OE012, 12OE033, 12OE034 und allen Betriebsleitern der Modellregionen.

Literatur

- Hussela-Veistola, E., Jauhainen, L. 2006: Expansion of dropping increases the risk of pea moth (*Cydia nigricana*; Lep. Tortricidae) infestation. In: Journal of Applied Entomology 130: 142–149.
- Thöming, G., Pölit, B., Kühne, A., Wedemeyer, R.; Saucke, H, 2008: Entwicklung eines situationsbezogenen Konzeptes zur Regulation des Erbsenwicklers in Gemüse und Körnererbsen. In: Organic eprints: 1–42, eingestellt am: 10.08.2010, URL: <http://orgprints.org/17316/>, abgerufen am: 25.06.2018.
- Thöming, G., Pölit, B., Kühne, A., Wedemeyer, R.; Saucke, 2011: Risk assessment of pea moth *Cydia nigricana* infestation in organic green peas based on spatio-temporal distribution and phenology of the host plant. In: Agricultural and Forest Entomology 13 (2):121–130.

Beobachtungen von Durchwuchs auf ehemaligen Versuchsflächen mit imidazolinon-tolerantem Raps

Sabine Gruber, Sebastian Schwabe und Wilhelm Claupein

Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 340a, 70599 Stuttgart;
E-Mail: *Sabine.Gruber@uni-hohenheim.de*

Einleitung

Die Überdauerungsfähigkeit von Rapssamen im Boden ist hinlänglich bekannt (Gruber et al. 2018). Daraus auflaufender Durchwuchsrap in Folgekulturen kann je nach Kulturart vergleichsweise einfach bekämpft werden (z.B. in Wintergetreide), eher schwieriger (z.B. in konkurrenzschwachen Körnerleguminosen), oder eine chemische Bekämpfung von Durchwuchsrap ist in der Regel gar nicht möglich (z.B. einem Rapsbestand). Die Nachfrucht zu Raps und ihre Effekte auf Durchwuchsrap muss stets als Anbausystem betrachtet werden, mit den typischen Saat- und Erntezeiten, den Konkurrenzverhältnissen, der praxisüblichen Bodenbearbeitung und dem praxisüblichen Einsatz von Herbiziden. Mit der Einführung von imidazolinon-tolerantem Raps (Clearfield-Raps, CL-Raps) hat die Thematik um Rapsdurchwuchs in der Fachwelt und in der Öffentlichkeit wieder Aufmerksamkeit erregt, da CL-Durchwuchs nicht mit allen Herbiziden gut erfasst werden kann. Nachdem bereits etliche gezielte Versuche zur Thematik „Durchwuchsrap“ stattgefunden haben, sollte in diesem Ansatz eine längerfristige Beobachtung von ehemaligen Versuchsflächen mit Anbau von CL-Raps erfolgen. Ziel der Arbeit war pauschal zu prüfen, wieviel CL-Durchwuchsrap auf den Versuchsflächen ohne Berücksichtigung der ursprünglichen Versuchsanstellung des angebauten CL-Raps in den Folgejahren auftritt.

Material und Methoden

In den Jahren 2013 und 2014 wurde auf insgesamt fünf Flächen der Versuchsstation Agrarwissenschaften der Universität Hohenheim imidazolinon-toleranter Raps (CL-Raps) zu Versuchszwecken angebaut, auf denen bis 2017 ein Monitoring des Durchwuchsrapes stattfand. Die erste Nachfrucht war stets Winterweizen, dann wurden die Flächen als Ausgleichsflächen (ohne Versuche) bewirtschaftet, bis wieder Versuche mit verschiedenartigen Kulturpflanzen folgten. Die Standorte waren Ihinger Hof und Meiereihof. Die angebauten CL-Rapsorten wiesen nach der Methode von Weber et al. (2010) eine mittlere bis hohe Überdauerungsfähigkeit auf. Die Größe der fünf Versuchsflächen lag zwischen 0,79 und 1,16 ha, und die ursprünglichen Versuchspartzen hatten Ausmaße von rund 70, 100 bzw. 450 m². Der Sameneintrag durch Ernteverluste oder gezieltes Ausstreuen betrug im Mittel 1500 Samen m⁻². Details zu den Versuchen finden sich in Huang et al. (2016, 2018). Da die Flächen vor dem Anbau von CL-Raps bis auf eine Fläche 10-jährig ohne Rapsanbau waren, wurde davon ausgegangen, dass die aufgefundenen Durchwuchsrapspflanzen überwiegend aus dem CL-Rapsanbau stammten. Die Zählungen erfolgten jährlich im Frühjahr im Bestand der jeweiligen Nachfrucht als Transsekt je Schlag über die ehemaligen Partzen hinweg. Die Anzahl der Pflanzen wurde dabei 300 mal mit einem 0,5 m²-Rahmen erfasst. Die Zählung wurde stets vor einer mechanischen oder chemischen Unkrautkontrolle durchgeführt. Die Wirksamkeit der betreffenden (in der Regel Herbizid-) Maßnahme spiegelt sich daher nicht in der Zählung wider. Die geprüften Nachfrüchte umfassten Halmfrüchte,

Blattfrüchte; Sommerungen, Winterungen; Leguminosen, Nicht-Leguminosen und Senf als Zwischenfrucht, jedoch keinen Raps.

Ergebnisse und Diskussion

Es wurden insgesamt 17 Nachfrüchte zu CL-Raps (fünf Flächen, mit drei bzw. vier Monitoringjahren) geprüft. Die Anzahl der Durchwuchspflanzen wurde für jedes Jahr über alle Flächen gemittelt. Die höchste Anzahl an Durchwuchs fand sich in der ersten Nachfrucht Winterweizen mit rund einer Pflanze m^{-2} (Tab. 1). Auf einer Fläche wurde bereits in der zweiten Nachfrucht kein Durchwuchsraps mehr beobachtet. Im Durchschnitt sank die Dichte an Durchwuchsraps von der ersten bis zur vierten (auf drei Flächen) Nachfrucht auf zwei Pflanzen je 100 m^2 (Tab. 1).

Tab. 1: Durchwuchsraps in den Folgekulturen während der ersten vier Jahre nach dem Anbau von Clearfieldraps, gemittelt über alle Flächen je Jahr

Jahr nach Anbau von CL-Raps	Pfl. m^{-2}	Entspricht:
Jahr 1	0,89	≈ 9 Pfl. auf 10 m^2
Jahr 2	0,14	≈ 1 Pfl. auf 10 m^2
Jahr 3	0,04	≈ 4 Pfl. auf 100 m^2
Jahr 4	0,02	≈ 2 Pfl. auf 100 m^2

Viele der auf den Monitoringflächen eingesetzten Herbizide waren ALS-Inhibitoren (z.B. Sulfonylharnstoffe), deren (zuverlässige) Wirkung gegen Clearfield-Durchwuchsraps in der Diskussion steht. Bei der hier beobachteten Anzahl an Durchwuchsraps ist die Wahrscheinlichkeit einer ertragswirksamen Beeinträchtigung als gering einzustufen. Auf den meisten Monitoring-Flächen wurde überwiegend nach den Versuchen mit Clearfield-Raps wendende Grundbodenbearbeitung mit dem Pflug bzw. mit dem Stoppelhobel durchgeführt. Obwohl sich aus diesem Datensatz keine statistischen Bezüge herstellen lassen, liegt der Schluss nahe, dass wendende Grundbodenbearbeitung dem Auftreten von Durchwuchsraps entgegengewirkt hat, zusammen mit der langen Anbaupause von Raps. Diese Erklärung steht im Einklang mit zahlreichen Einzelversuchen, die besagen, dass tiefe, insbesondere wendende Grundbodenbearbeitung weniger Durchwuchsraps zur Folge hat als flache Bodenbearbeitung, insbesondere wenn sie zeitnah zur Rapsernte durchgeführt wurde (Huang et al. 2016, Gruber et al. 2018).

Literatur

- Gruber, S., Weber, E.A., Dietz-Pfeilstetter, A., Möhring, J., Thöle, H., Claupein, W. (2018). Impact of cultivar on survival of volunteer oilseed rape populations in fields is more important than field management. *Weed Research* 58, 89-98.
- Huang, S., Gruber, S., Claupein, W. (2016). Field history of imidazolinone-tolerant oilseed rape (*Brassica napus*) volunteers in following crops under six long-term tillage systems. *Field Crops Research* 185, 51-58.
- Huang, S., Gruber, S., Claupein, W. (2018). Timing and depth of post-harvest soil disturbance can reduce seedbank and volunteers of oilseed rape. *Soil and Tillage Research* 175, 187-193.
- Weber, E.A., Frick, K., Gruber, S., Claupein, W. (2010). Research and development towards a laboratory method for testing the genotypic predisposition of oil seed rape to secondary dormancy. *Seed Science and Technology*, 38, 298-310.

3D-Stresserkennung und -charakterisierung an Gurkenpflanzen (*Cucumis sativus* L.) mittels Photogrammetrie

Maria Bötzel¹, Dany P. Moualeu-Ngangué² und Hartmut Stützel³

^{1,2,3}Institut für Gartenbauliche Produktionssysteme, Abteilung Systemmodellierung Gemüsebau, Leibniz Universität Hannover. E-Mail: maria_boetzel@hotmail.de

Einleitung

Eine Stresserkennung bzw. -früherkennung sollte gartenbaulich produzierte Pflanzen vor Ertragsverlust oder gar Toxizität schützen. 3D-Untersuchungen sind nicht invasiv, die Entnahme von Pflanzengewebe entfällt. In den Pflanzenwissenschaften ist der 3D-Digitizer zur Messung von Blatt morphologischen Merkmalen üblich, welcher das Gurkenblatt in einem zusammengeflochtenen Netz aus Dreiecken und die ganze Pflanze wiedergeben kann (Wiechers et al. 2011). Es kommt allerdings zur Unterschätzung von Blattgröße und -winkeln. Bei Verwendung der Microsoft Kinect V2 Kamera erhält man ein Echtzeit-3D-Modell, jedoch sind nur Einzelaufnahmen von Einzelblättern einer Gurkenpflanze möglich. Wagner (2016) zeigte mit 84 – 94 % eine hohe Genauigkeit der gemessenen Winkel (Neigungs- und eingeschlossener Winkel) im Vergleich zum Digitizer an. Andere Verfahren wie Laseraufnahmen (Dassot 2012) oder Time-of-Flight (Alenya et al. 2011) Kameras ermöglichen weiter 3D-Modelle.

Mittels Photogrammetrie-Technik wurden hier nun Photographien zur 3D-Rekonstruktion herangezogen. Die Technik ist frei zugänglich. Anhand Messungen dreidimensionaler Pflanzen soll auf morphologische Stressreaktionen geschlossen werden, welche sich auf physiologische Reaktionen stützen sollen. Die untersuchten Gurkenpflanzen wurden unter Salzstress gesetzt. Neu ist es die Photogrammetrie im Bestand zu testen.

Material und Methoden

Junge Gurkenpflanzen, *Cucumis sativus* L. cv. Aramon, wurden im Gewächshaus einzeln in 30 L-Containern mit Nährlösung herangezogen. Der Lösung aufliegende Styroporaufsätze hielten die in Steinwollwürfeln ausgesäten Pflanzen in Position. Zur Entfaltung von Blatt 5 erhielten die Pflanzen erstmalig Salzbehandlungen von 0, 25 und 50 mM NaCl in der Nährlösung. Eine wöchentliche Auffrischung der Behandlung wurde im Zuge des Nährstoffwechsels durchgeführt. Zwei einfaktorielle Versuchsdurchläufe gliederten sich in eine vollständig randomisierte Blockanlage mit 6 Wiederholungen. Die Pflanzendichte betrug 0,4 Pflanzen m⁻² (eine Pflanze auf 2,5 m²). Photographien (Canon EOS 40D/750 D) wurden in Agisoft PhotoScan (Standard) zu 3D-Modellen regeneriert. Nicht invasive Messungen erfolgten im 3D-Modell in MeshLab (Blattwinkel, Blattmaße). Das osmotische Blattpotential, den relativen Wassergehalt (RWG) im Blatt sowie das Gewichtsverhältnis von Blattock- und Blattfrischmasse (TG/FG –Verhältnis) ergänzten die invasiven Messungen.

Ergebnisse und Diskussion

97,78 % der möglichen 3D-Modelle konnten rekonstruiert werden. Nach Prüfung der Beziehung zwischen invasiven und nicht invasiven Messungen ergab sich für jeweils Blatt 7 eine hohe lineare Korrelation zwischen dem RWG und Wölbungswinkel zwischen den Punkten BEF, dem EF-Abstand zwischen den Punkten E und F und

dem BC -Abstand zwischen den Punkten B und C im 3D-Modell. Der RWG der Kontrolle (0 mM) steigt über die Zeit stärker als bei der 50 mM NaCl-Behandlung an. Diese Beobachtung lässt sich ebenfalls für den BC -Abstand erkennen, sodass sich hier die lineare Beziehung bestätigt.

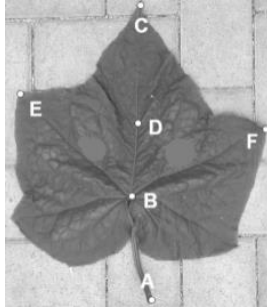


Abb. 1: Positionen der Punkte A – F am Gurkenblatt, hier zur Verdeutlichung planar und nicht am 3D-Modell dargestellt. Nicht invasive Messungen fanden im 3D-Modell statt.

Literatur

- Alenya, G., Dellen, B., Torras, C. (2011). 3D modelling of leaves from color and ToF data for robotized plant measuring. In: 2011 IEEE International Conference on Robotics and Automation: 3408 – 3414.
- Dassot, M., Colin, A., Santenoise, P., Fournier, M., Constant, T. (2012). Terrestrial laser scanning for measuring the solid wood volume, including branches, of adult standing trees in the forest environment. *Computers and Electronics in Agriculture* 89: 86 – 93.
- Wagner, C. (2016). Möglichkeiten des Einsatzes der Microsoft Kinect zur dreidimensionalen Erfassung von Gurkenpflanzen (*Cucumis sativus*) im Gewächshaus. Unveröffentlichte Dokumentation.
- Wiechers, D., Kahlen, K., Stützel, H. (2011). Evaluation of a radiosity based light model for greenhouse cucumber canopies. *Agricultural Forest Meteorology*. 151(7): 906 – 915.

UAV-basiertes Multispektral-Monitoring von Winterweizenbeständen - Kalibration & Evaluation eines Vegetationsindizes zur Berechnung des Bestandesflächenindizes-

Josephine Bukowiecki, Till Rose und Henning Kage

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

Einleitung

Multispektrale Methoden zum nichtdestruktiven Monitoring von Bestandesmerkmalen wie Bestandesflächenindex (engl. *Green Area Index*, GAI) und Trockenmasse sind sowohl im Management als auch in der Phänotypisierung von hoher potentieller Bedeutung. Die derzeitige rapide Entwicklung im Bereich der Drohnen (engl. *Unmanned Aerial Vehicle*, UAV)- und Sensortechnik bietet die Möglichkeit, multispektrale Daten zukünftig unabhängig von Wolkenbedeckung, Befahrbarkeit und Bestandeszustand zeitlich- und räumlich hoch aufgelöst zu erheben. Hierfür bedarf es jedoch einer Kalibrierung der UAV-gewonnenen Multispektraldaten mit etablierten destruktiven Messverfahren.

Material und Methoden

Im Frühjahr und Sommer 2017 und 2018 wurde auf dem Versuchsgut Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel auf verschiedenen Winterweizen-Versuchsflächen (Variationen in Sorte, N-Düngung und Saatstärke) Befliegungen und Probenahmen durchgeführt (Tab. 1). Die eingesetzte Multispektralkamera (Sequoia von Parrot™) erfasst zugleich die Reflexion im grünen, roten, „red-edge“ (RE) und nahinfraroten Bereich (NIR). Der GAI wurde mittels separatem Scannen (LI-3100, Li-Cor) der grünen Fläche von Spross, Blatt und ggf. Ähre erhoben.

Tab. 1: Umfang des Kalibrations- und Evaluationsdatensatzes.

	Kalibration	Evaluation
Beprobungsdaten	04.04.2017	18.04.2018
	11.04.2017	24.04.2018
	09.05.2017	15.05.2018
	16.05.2017	22.05.2018
	30.05.2017	04.06.2018
	07.06.2017	
	07.08.2017 ^{*1}	
	11.06.2018 ^{*2}	
	14.03.2018 ^{*3}	
BBCH-Stadien	21 - 92	23 - 61
Datenanzahl	437	237

^{*1} Spektraldaten vom Zeitpunkt der Totreife wurde ein GAI von 0 zugeordnet.

^{*2} Ein Beprobungstermin mit Trockenstress im Bestand wurde der Kalibration hinzugefügt.

^{*3} Ein Beprobungstermin mit niedrigen GAI-Werten wurde der Kalibration hinzugefügt.

Basierend auf den Daten aus dem Jahr 2017 wurde ein neuer Vegetationsindex (VI) entwickelt, der VIQUO:

$$\text{GAI}_{\text{geschätzt}} = \text{VIQUO} = a + \left(b \times \frac{\text{NIR}}{\text{Rot}} \right) + \left(c \times \frac{\text{NIR}}{\text{Grün}} \right)^d + \left(e \times \frac{\text{NIR}}{\text{RE}} \right)^f$$

Betrachtet werden die Qualität der Korrelation dieses und anderer gängiger VIs (NIR/Red, NIR/RE, NDVI) mit dem GAI, sowohl im Hinblick auf die Kalibration, wie auch in Bezug auf die Evaluation mit den Daten der Saison 2018.

Ergebnisse und Diskussion

Alle betrachteten VIs, mit Ausnahme des NDVIs erlauben eine gute Berechnung des GAIs, als am besten erweist sich der VIQUO (Tab. 2). Er erlaubt über den gesamten Vegetationszeitraum 2017 & 2018 eine stabile GAI-Abschätzung (Abb. 1) und ist robust gegenüber den untersuchten Einflussgrößen BBCH-Stadium, N-Düngung, Saatstärke und Sorte.

NIR/RE schneidet in der Evaluation ebenfalls sehr gut ab, hat allerdings Probleme die im Kalibrationsdatensatz enthaltenen sehr geringen GAI-Werte abzubilden. NIR/Rot zeigt ebenfalls in Bereichen geringen GAIs Ungenauigkeiten während der NDVI insensitiv gegenüber GAI-Werten > 2 ist.

Es wurde gezeigt, dass UAV-basierte Multispektraldaten ein zuverlässiges GAI-Monitoring erlauben. Zurzeit wird an der Kalibration der UAV-basierten Multispektraldaten auf Trockenmasse und N-Menge im Bestand gearbeitet. Zudem wird der VIQUO bereits eingesetzt um auf Betriebsschlägen Informationen über die Bestandesentwicklung zu liefern, die in eine teilflächenspezifische Düngeempfehlung einfließen.

Tab. 2: Modellgüte der GAI-Berechnung mit NIR/Rot, NIR/RE, NDVI und VIQUO.

VI	RMSE	
	Kalibration	Evaluation
NIR/RE	0.8	0.8
NIR/Rot	0.8	0.9
NDVI	1.2	1.1
VIQUO	0.6	0.8

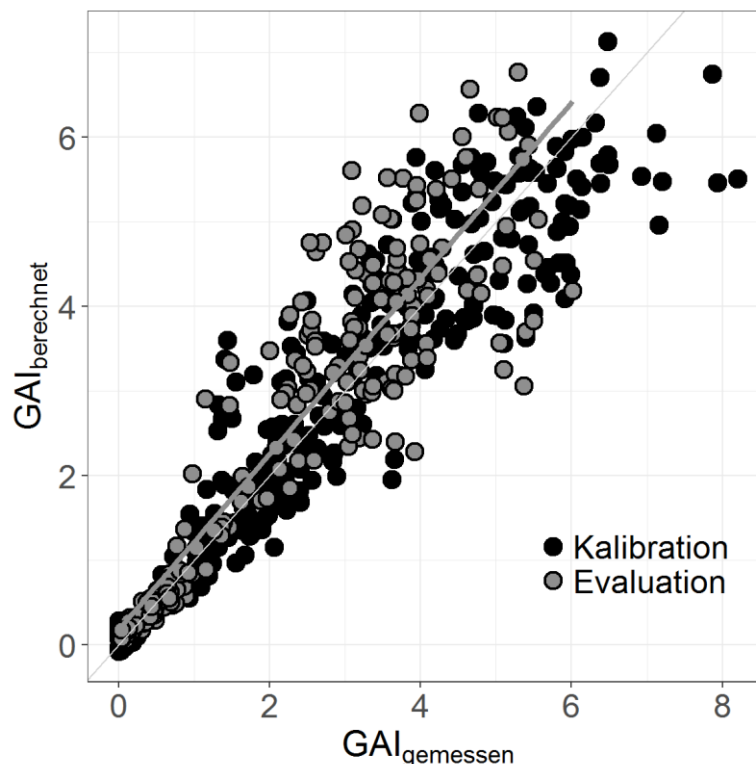


Abb. 1: Korrelation des mit dem VIQUO berechneten und des gemessenen GAIs für Kalibration und Evaluation.

FTIR-Spectroscopy for Root Discrimination in Multi-Species Mixtures

Catharina Meinen¹, Juliane Streit¹, Nicole Legner¹, Annette Naumann²
and Rolf Rauber¹

¹Department of Crop Sciences, Agronomy, Georg-August-University Goettingen; ²Faculty of Life Sciences, Urban Plant Ecophysiology, Humboldt-Universität zu Berlin.
E-Mail: catharina.meinen@agr.uni-goettingen.de

Introduction

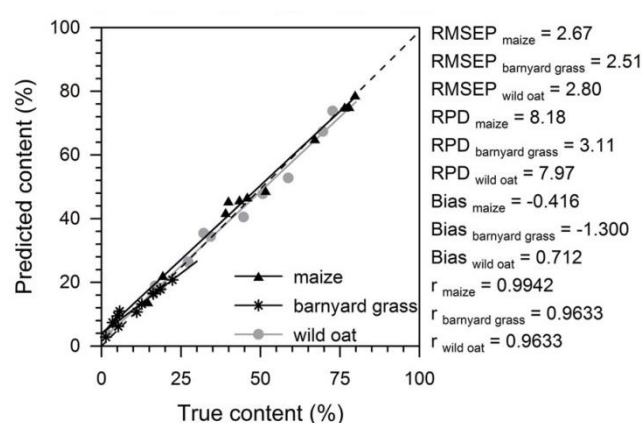
Numerous methods can be used to study species-specific rooting patterns in multi-species mixtures. Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy in combination with attenuated total reflection (ATR) was successfully applied to discriminate roots of different species (Naumann et al. 2010, Meinen & Rauber 2015, Streit et al. 2017). In some cases, cultivar separation was possible (Legner et al. 2018).

Material and methods

Dry rootlets, ground roots and even fresh rootlets are suitable to record absorbance by FTIR spectroscopy. Thus, minimal preparation of root material is necessary and only few roots or single rootlets are required. We recorded FTIR absorbance spectra of roots of the following crop species: pea, wheat, maize, sugar beet, oat; grassland species: white clover, ryegrass, chicory; weed species: barnyard grass, black grass, common lambsquarters, wild oat. Cluster analysis and quantification models for species proportions in root mixtures were established.

Results and discussion

Spectra of all tested species showed species-specific absorbance patterns and peaks, predominantly between 1750-900 cm⁻¹.



In a 3-species model, the predicted maize and wild oat content was in good accordance to the true content and both regression lines were close to the rated values (Fig. 1).

Fig. 1. Quantification model with predicted (%) versus true content (%) of maize, barnyard grass, and wild oat. Model quality is described by root mean square error of prediction (RMSEP), bias, residual predictive deviation (RPD), and the correlation coefficient (r). See Meinen and Rauber (2015) for details.

A cluster analysis showed a clear separation of ground root spectra of three crop and four weed species (Fig. 2). Even closely related species, e.g. wheat and wild oat, could be separated. The analysis showed not only species-specific clusters, but also reflects the relationship of the species. Two main clusters are clearly formed by monocotyledonous and dicotyledonous species (Fig. 2). A cluster analysis of five pea cultivars revealed even a cultivar separation of root segment spectra (Fig. 3). Cultivar separation of maize, oat, and barnyard grass was also possible in one experiment (Legner et al. 2018).

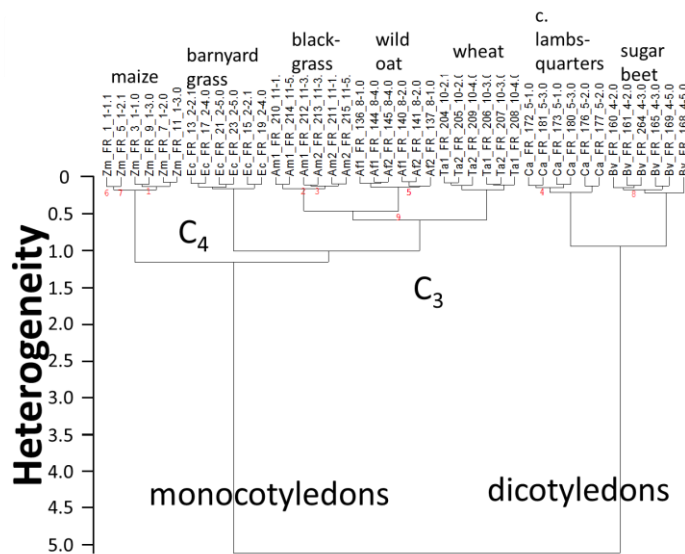


Fig. 2: Cluster analysis of FTR-ATR spectra recorded from ground roots of maize, wheat, sugar beet, and the weed species barnyard grass, wild oat, blackgrass, and common lambsquarters. Spectra were preprocessed by first derivative and vector normalization. Ward's algorithm and Euclidean distance was used within the frequency range of 3999–374 cm^{-1} . See Meinen and Rauber (2015) for details.

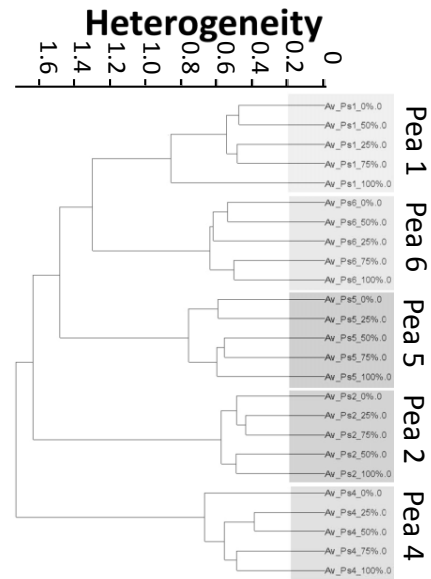


Fig. 3: Cluster analysis of five pea cultivars (root segment spectra). Complete frequency range (3,997–374 cm^{-1}) of the spectra was evaluated with the second derivation and vector normalization, Ward's algorithm und Euclidian distance. See Legner et al. (2018) for details.

Conclusion and outlook

Quantification models to determine species proportions in root mixtures were successfully calculated. Using dried rootlets or ground roots, species discrimination was possible with far and closely related species and even cultivar separation was possible. FTIR spectroscopy offers successful species discrimination of crop, grassland and weed roots in multi-species mixtures using dry rootlets or ground roots.

References

- Naumann, A., Heine, G., and Rauber, R. (2010). Efficient discrimination of oat and pea roots by cluster analysis of Fourier transform infrared (FTIR) spectra. *Field Crops Res.* 119, 78–84. doi: 10.1016/j.fcr.2010.06.017
- Meinen, C., and Rauber, R. (2015). Root discrimination of closely related crop and weed species using FT MIR-ATR spectroscopy. *Front. Plant Sci.* 6:765. doi: 10.3389/fpls.2015.00765
- Legner, N., Meinen, C., and Rauber, R. (2018) Root differentiation of agricultural plant cultivars and proveniences using FTIR spectroscopy. *Front. Plant Sci.* 9:748. doi: 10.3389/fpls.2018.00748
- Streit, J., Meinen, C., and Rauber, R. (2017). Oberirdische Biomasse und Wurzelverteilung verschiedener Weißklee-Genotypen im Gemenge mit Deutschem Weidelgras und Zichorie. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss.* 29, 112-113

Multi-temporal Analysis of Agricultural Land cover in Northern Hesse using satellite data

Isaac Kyere, Thomas Möckel, Rüdiger Graß and Michael Wachendorf

University of Kassel, Department of Grassland Science and Renewable Plant Resources, Witzenhausen. E-Mail: *Isaac.Kyere@uni-kassel.de*

Introduction

Information about agricultural lands is critical for future decision making and planning. To understand the impact of any human activity on croplands, information about the spatial distribution of crops is a fundamental requirement. The advent of optical remote sensing makes it possible to obtain vital information about crops. For instance, Landsat, which is the longest-running earth observation program by the United States Geological Survey (USGS), provides free historical environmental datasets (starting in the 1970's), which have played indispensable roles in many crop monitoring exercise (Xiong et al., 2017). An accurate cropland mapping requires a powerful approach capable of discriminating heterogeneous crops with similar phenological patterns. The use of temporal patterns of crops derived from multi-temporal vegetation indices (VI's) such as the normalized difference vegetation indices (NDVI), enhanced vegetation indices (EVI) and soil adjusted vegetation indices (SAVI) among others is important in crop classification (Zheng et al., 2015). The use of ensemble machine learning algorithms, e.g. random forest (RF) as the main classifier have shown high accuracies in classifying croplands. Therefore, our objective is to map the croplands of northern Hesse using Landsat 8 satellite images with InVeKoS (German: Integriertes Verwaltungs und Kontrollsystem) data as land use information.

Materials and methods

Atmospherically corrected Landsat 8 satellite scenes of 2015 that fall within the agricultural season of Northern Hesse were downloaded from the USGS data archive. VI's (i.e. NDVI, EVI, NDMI, and SAVI) were calculated by a ratio of different bands of the satellite images to capture the phenological differences of the crops in the study area. Using InVeKoS data, collected by farmers in a form of shapefiles as part of the common agricultural policy for subsidies, the means of each crop were extracted from the above-mentioned VI's and the individual spectral bands (Blue, Green, Red, Near-Infrared and Short-wave Infrared) of the satellite images across time (i.e. April, May and August). The extracted data were stratified randomly into 60% and 40% training and validation data respectively with a balanced representation of each crop. A RF classification model was developed based on the 60% training data, where the extracted means were used as explanatory variables. A RF is a flexible supervised machine learning algorithm which uses an ensemble process to build many decision trees during the training phase and assign a class based on majority votes. Our RF model was therefore built using 5 repeated 10-fold cross validation, as a result, 50 RF models were built and the optimal one was selected to predict the crops. The performance of the classification model was therefore assessed on the 40% independent validation data and the outcomes is shown in table 1 and fig.1. A high user accuracy (UA) of a crop means a high proportion of the classified crop matches with the ground data, while a high producer accuracy (PA) indicates a high consistency between the ground truth and our predictions.

Results and Discussion

The ability of the RF model to map Northern Hesse's croplands has been exhibited in this study. A high overall accuracy of 91.9% was achieved by the model in discriminating

crops, and this is an indication of a high agreement between our classified crops and reality. The best model prediction was achieved with grassland obtaining a UA and PA of 95.7% and 94.2% respectively. Similarly, the remaining predicted crops showed high accuracies, which confirms the strong capabilities of the developed RF model in predicting crops from satellite data.

Table 1 Accuracy measures of the RF model based on independent validation data

Predicted	Reference						Row sums	PA%
	GL	MZ	LSC	ESC	WC	WR		
GL	27428	195	84	277	1019	114	29117	94.2
MZ	150	2708	53	69	49	6	3035	89.2
LSC	14	12	426	14	5	3	474	89.9
ESC	215	51	119	2511	316	23	3235	77.6
WC	754	62	127	351	15905	234	17433	91.2
WR	98	8	18	26	145	3071	3366	91.2
Column sums	28659	3036	827	3248	17439	3451		
UA%	95.7	89.2	51.5	77.3	91.2	89.0		
Overall Accuracy = 91.9%								

The shaded diagonals represent the correctly predicted crops. GL = Grassland (i.e. permanent and temporal grassland), MZ = Maize, LSC= Late summer crops (i.e. potato and sugar beet), ESC = Early summer crops (i.e. summer barley, summer oat, summer wheat, beans and peas), WC = Winter cereals (i.e. winter rye, winter triticale and winter wheat), WR = Winter rapeseed

Furthermore, an assessment of the contribution of the predictors (in Fig.1) used in the RF model resulted in mean NDVI of August as the maximum contributor with the others playing very minor roles. It can be inferred that the mean NDVI of August is very significant in classifying croplands in our study area. Hence, it is concluded that not only is InVekoS data important for agricultural subsidies but can also be used together with satellite data to analyze agricultural land cover for future policies.

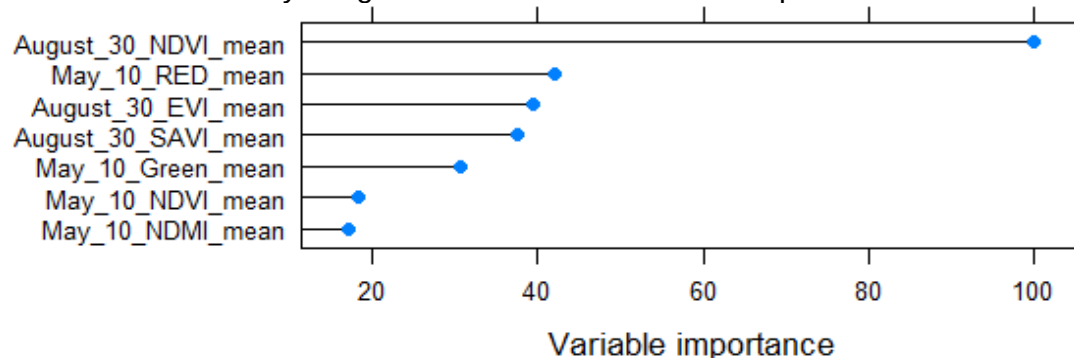


Fig. 1. A measure of the 7 most important predictors used in the RF model expressed in decreasing order of importance from top of the y-axis. The measures shown on the x-axis are scaled to a maximum value of MeanGini index.

Literature

- Xiong, J., Thenkabail, P.S., Gumma, M.K., Teluguntla, P., Poehnelt, J., Congalton, R.G., Yadav, K., Thau, D., 2017. Automated cropland mapping of continental Africa using Google Earth Engine cloud computing. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.* 126, 225–244.
- Zheng, B., Myint, S.W., Thenkabail, P.S., Aggarwal, R.M., 2015. A support vector machine to identify irrigated crop types using time-series Landsat NDVI data. *Int. J. Appl. E. Obs. Geoinf.* 34, 103–112.

Methoden zur Erfassung der mechanischen Eigenschaften von Zuckerrüben

Gunnar Kleuker und Christa Hoffmann

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

Einleitung

Ernte und Transport von Zuckerrüben führen zu mechanischen Beschädigungen am Rübenkörper. Zur Optimierung dieser Prozesse und der Verarbeitung von Zuckerrüben sind Kenntnisse über deren mechanischen Eigenschaften notwendig. In der Lebensmitteltechnologie wurden bereits ausführliche Untersuchungen zu mechanischen Eigenschaften anderer Früchte durchgeführt (Anzaldúa-Morales et al., 1992, Canet et al., 2005). Dabei zeichneten sich die Erfassung der maximalen Kraft bei der Penetration und der Kompression als Methoden mit belastbaren Ergebnissen aus. Hierbei soll die Messung des Penetrationswiderstandes die Härte des Periderms wiedergeben, während die Kompressionsfestigkeit die Widerstandsfähigkeit der gesamten Rübe beschreibt (Sirisomboon & Pornchaloempong, 2011). Ziel dieser Untersuchungen war es, diese unterschiedlichen Methoden zur Bestimmung der Textureigenschaften an Zuckerrüben zu testen, anzupassen und mögliche Sortenunterschiede auszuarbeiten.

Material und Methoden

Im Rahmen eines Vorversuches wurde der Penetrationswiderstand der Zuckerrübe mit einem Texture Analyser (TA.XTplus100, Stable Micro Systems, Godalming, UK) an unterschiedlichen Stellen des Rübenkörpers bestimmt. Die Messorte wurden axial (von oben nach unten) bzw. radial (an der breitesten Stelle) über den Rübenkörper verteilt. Die Messung des Penetrationswiderstandes erfolgte an von Hand gewaschenen Rüben mit einem zylindrischem Messstempel (Durchmesser 2 mm). Des Weiteren wurden die Auswirkung der Verweildauer zwischen Wäsche und Messung auf den Widerstand an zwei unterschiedlichen Sorten untersucht. Dazu wurden an jeweils 12 Rüben drei Messungen nach 3 h, 6 h, 1 Tag, 2 Tagen, 5 Tagen und 7 Tagen wiederholt. Die aus dem Vorversuch gewonnen Erkenntnisse wurden anhand eines Feldversuches überprüft.

Zu diesem Zweck wurde im Jahr 2017 ein randomisierter Feldversuch mit zwei Zuckerrübensorten, einer Futterrübe sowie einer Roten Bete an zwei Standorten in 6 Wiederholungen angebaut. Die beiden Zuckerrübensorten wurden dabei als Extreme in der Ertragsbildung gewählt.

An fünf Rüben pro Parzelle wurden jeweils sechs Penetrationsmessungen durchgeführt. Zusätzlich wurden für die Kompressionsmessung drei Probenzylinder pro Rübe mithilfe eines Korkbohrers ausgestochen (Durchmesser 18 mm, Höhe 20 mm). Die Probenstellen waren horizontal über die Rübe verteilt. Aus den Messwiederholungen wurde für jede Rübe ein Mittelwert gebildet.

Ergebnisse und Diskussion

Die unterschiedlichen Messorte hatten eine geringe Auswirkung auf den Penetrationswiderstand der Zuckerrübe (nicht dargestellt). Es zeigte sich, dass die radiale Messung im Verhältnis zur axialen Messung zu einem höheren gemessenen Widerstand führte und diese einfacher durchzuführen war. Eine stärkere Auswirkung hatte die Verweildauer zwischen Wäsche und Messung. An beiden untersuchten

Sorten konnte eine Veränderung des Widerstandes gemessen werden (Abb.1). Da die beiden Sorten jedoch gegensätzlich auf die Verweildauer reagierten, wurde im darauf folgenden Feldversuch die Messung direkt nach der Wäsche durchgeführt. Die anhand der Erkenntnisse aus dem Vorversuch angepassten Messungen des Penetrationswiderstandes zeigten im Feldversuch, dass sowohl die Sorte, der Standort als auch die Wechselwirkung Standort*Sorte einen signifikanten Einfluss auf das Ergebnis hatten. Dabei fielen die Sorte 2 durch den geringsten Widerstand und Sorte 4 durch die stärkste Reaktion auf den Standort auf. Zwischen den anderen untersuchten Sorten (1 & 3) ließ sich kein Unterschied feststellen (Abb. 2).

Die bei der Kompressionsfestigkeitsmessung bestimmte sortenspezifische Druckfestigkeit ermöglichte eine differenziertere Unterscheidung der Sorten hinsichtlich ihrer Festigkeit. Die Druckfestigkeit nahm von Sorte 1 zu Sorte 4 ab. Darüber hinaus konnten Unterschiede zwischen den einzelnen Probenentnahmestellen innerhalb der Rübe gefunden werden. Die Druckfestigkeit der Zuckerrübe verringerte sich von außen nach innen (nicht dargestellt).

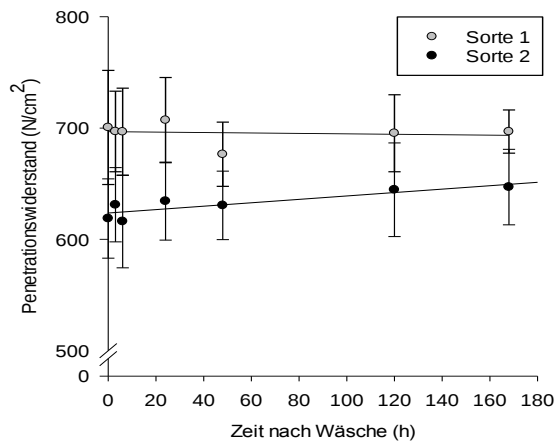


Abb. 1: Penetrationswiderstand (N/cm^2) in Abhängigkeit von verschiedenen zeitlichen Abständen nach der Wäsche (wiederholte Messungen an 12 Rüben pro Sorte).

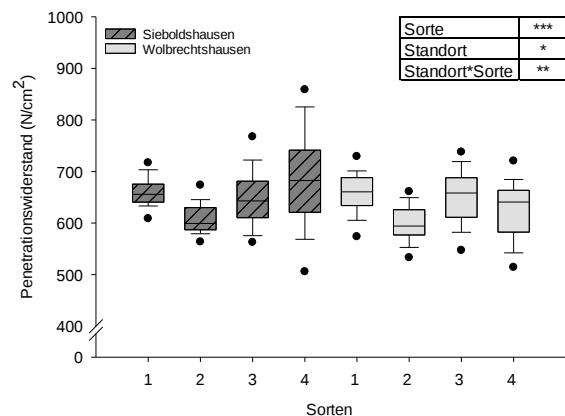


Abb. 2: Penetrationswiderstand (N/cm^2) von vier Sorten an zwei Standorten (30 Rüben pro Sorte und Standort).

Es konnte bestätigt werden, dass sowohl die Messung des Penetrationswiderstandes als auch der Kompressionsfestigkeit zur Charakterisierung der Festigkeit von Zuckerrüben geeignet sind. Wenn die Messung direkt nach der Wäsche durchgeführt wurde, ermöglichten beide Messmethoden eine signifikante Unterscheidung zwischen den untersuchten Zuckerrübensorten (Sorte 1 & 2). Zudem zeigte sich, dass von dem Penetrationswiderstand nicht auf die Druckfestigkeit geschlossen werden konnte.

Literatur

- Anzaldúa-Morales, A., Bourne, M. & Shomer, I. 1992: Cultivar, Specific Gravity and Location in Tuber Affect Puncture Force of Raw Potatoes. *Journal of Food Science* 57, 1353-1356.
- Canet, W., Alvarez, M.D. & Fernández, C. 2005: Optimization of low-temperature blanching for retention of potato firmness: Effect of previous storage time on compression properties. *European Food Research and Technology* 221, 423-423.
- Sirisomboon, P. & Pornchaloempong P. 2011: Instrumental Textural Properties of Mango (cv Nam Doc Mai) at Commercial Harvesting Time. *International Journal of Food Properties* 14 Issue 2, 441-449.

Einfluss unterschiedlicher Jahreszeiten auf das Wachstum und die Morphologie von Basilikum unter LEDs

Jan Andreas Solbach, Andreas Fricke und Hartmut Stützel

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

Einleitung

Die Lichtqualität, Lichtintensität und Photoperiode haben starken Einfluss auf das Wachstum und die Entwicklung von Pflanzen (Goto, 2003). Sie sind besonders für die Gewächshausproduktion im Herbst und Winter von Bedeutung, wenn die natürliche Strahlung sehr gering ist und den Anbau gartenbaulicher Kulturen limitiert (Wenke, 2012). Neben den immer noch häufig genutzten Natriumdampflampen finden vor allem vermehrt Leuchtdioden (LEDs) als Zusatzbelichtung im Gewächshaus Verwendung. Der Einsatz von LEDs ermöglicht neben Intensitätsänderungen, eine gezielte Manipulation des Lichtspektrums durch schmalbandiges Licht. Viele Versuche mit LEDs wurden allerdings unter kontrollierten Bedingungen und unter Ausschluss von natürlichem Licht durchgeführt, während nur eine limitierte Anzahl im Gewächshaus stattfand. Obwohl bereits Studien zum Aktionsspektrum der Photosynthese (z.B. McCree, 1972) und dem Effekt der Lichtqualität auf die Photomorphogenese durchgeführt wurden, sind weitere Untersuchungen nötig, um gezielte Aussagen über den Effekt verschiedener Wellenlängen auf die Pflanze zu treffen und dadurch die Lichtbedingungen von LEDs als Zusatzbelichtung im Gewächshaus zu optimieren (Hemming, 2011).

Ziel der Arbeit ist es den Wirkungszusammenhang zwischen Lichtqualität und – Intensität zu bestimmen, den Effekt verschiedener Jahreszeiten auf diesen zu quantifizieren und in Korrelation mit dem Wachstum und morphologischen Eigenschaften von Basilikum zu setzen.

Material und Methoden

Von Februar bis Juni 2018 wurden drei Gewächshausversuche mit Basilikum (*Ocimum basilicum* ‚Edwina‘) durchgeführt. Die Pflanzen wurden in einem torfbasiertem Substrat (Potgrond H 90, Klamann, Deutschland) in Trays unter LEDs (LED-KE 300, DHLicht, Deutschland) kultiviert. Die Lichtbehandlungen setzten sich aus je drei LEDs in zwei Wiederholungen zusammen: Blau 440 + 465 nm, Hellrot 660 nm, Weiß 6500 K plus Dunkelrot 730 nm. Die Trays wurden innerhalb der Lichtintensitätsgradienten der LEDs – Abnahme der Intensität mit zunehmender Entfernung von der LED – arrangiert. Die photosynthetisch aktive Strahlung (400 - 700 nm) betrug entsprechend in jeder Behandlung etwa $230 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (direkt unter der Lampe) bis $0 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (am Tischende). Die Intensität und spektrale Lichtverteilung der LEDs wurde unter Ausschluss von Sonnenlicht festgestellt. Außerdem wurde die natürliche Strahlung mittels Spektrometer (USB4000, OceanOptics, USA) an mehreren Tagen während der Versuche in 30-minütigen Abständen aufgezeichnet. Verschiedene Pflanzenstreckungsparameter (Hypokotyl, Epikotyl und Internodien), Blattfläche und Biomasseverteilung wurden erfasst. Die Daten wurden mittels Regressionsanalyse ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Pflanzenhöhe, Blattfläche und Biomasse stiegen linear mit zunehmender PAR in allen Versuchen und Behandlungen an. Unterschiede zwischen den Lichtqualitätsbehandlungen wurden unter Hochlichtbedingungen deutlicher. Dies war vor allem darauf zurückzuführen, dass der Effekt des breiten Lichtspektrums (weißes + dunkelrotes Licht) im Frühjahr ausgeprägter war als im Sommer und der Einfluss des blauen und hellroten Lichts im Sommer stärker war als im Frühjahr. Dies ist vermutlich auf spektrale Verteilung der Photonen zurückzuführen. In der weißen Lichtquelle sind die Photonen auf ein breites Wellenlängenspektrum (400-700 nm) aufgeteilt, während in den monochromatischen Lichtquellen die Anzahl an Photonen je Wellenlänge höher ist.

Veränderungen in der Pflanzenhöhe waren primär durch Änderungen der Epikotyl- und Internodienlängen zu beobachten. Das Hypokotyl und die Pflanzenbiomasse wurden kaum von den Behandlungen und Jahreszeiten beeinflusst. Generell zeigte hellrotes Licht die stärksten morphologischen Effekte, gefolgt von blauen und dann weißen plus dunkelroten Licht. Hellrot wirkte sich in allen Versuchen besonders auf die Epikotylstreckung aus. Es deuteten sich aber auch Unterschiede in der Internodienlänge und Blattfläche im Vergleich zu den anderen Behandlungen unter hoher Sonneneinstrahlung an. Mit blauem Licht behandelte Pflanzen wiesen abgesehen von der Epikotylstreckung ähnliche Wirkungszusammenhänge wie die mit weißen plus dunkelroten Lichts behandelten Pflanzen auf, die generell die geringste morphologische Beeinflussung zeigten. Erwartete Schattenvermeidungsreaktionen (u. a. stärkeres Streckungswachstum des Hypokotyls und der Internodien, Hyponastie) durch das dunkelrote Licht (Casal, 2012) blieben aus, während Pflanzen unter hellrotem Licht diese Symptome verstärkt aufwiesen. Als Ursache wird derzeit eine arten- bzw. sortenspezifische Reaktion oder eine zu hohe Bestandesdichte vermutet. In weiteren Versuchen sollen diese Vermutungen geprüft werden.

Danksagung

Wir danken dem Niedersächsischen Ministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz für die Förderung des Projektes.

Literatur

- Casal, J. (2012). Shade Avoidance. In: The Arabidopsis Book, 10, 1-19.
- Goto, E. (2003). Effects of light quality on growth of crop plants under artificial lighting. *Environmental Control in Biology*, 41(2), 121-132.
- Hemming, S. (2009). Use of natural and artificial light in horticulture - Interaction of plant and technology. *Acta Horticulturae*, 907, 25-35.
- McCree, K.J. (1972). Action spectrum, absorptance and quantum yield of photosynthesis in crop plants. *Agricultural Meteorology*, 9, 191.
- Wenke, L. (2012). Light environment management for artificial protected horticulture. *Agrotechnology*, 1, 101.

Entwicklung und Evaluation eines einfachen optischen DYI-Sensors für den Pflanzenbau

Sebastian Wolfrum und Stefan Funke

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme/Technische Universität München, Freising. E-Mail: sebastian.wolfrum@tum.de

Einleitung

Die Entwicklung neuer Technologien und deren schnelle und einfache Verbreitung im Zuge der Digitalisierung eröffnet der Landwirtschaft neue Möglichkeiten. Ein großes Potential besteht im Hinblick auf nachhaltigere und umweltschonendere Bewirtschaftungssysteme, z. B. mit hoher Stickstoffnutzungseffizienz. Die Anwendung von optischen Sensoren für teilflächenspezifische Stickstoffdüngung ist im Rahmen des „Precision Farming“ schon lange gängige Praxis. Die dafür verwendeten, kommerziell erhältlichen Sensoren sind technisch aufwendig und ihre Anschaffung ist mit hohen Kosten verbunden. Mit dem seit 2012 verfügbaren Einplatinencomputer „Raspberry Pi“ und dem dazugehörigen Kameramodul sind günstige und leistungsfähige Elektronikkomponenten vorhanden, mit denen optische Sensoren für den Pflanzenbau leicht selbst aufgebaut und gesteuert werden können. Versuche mit günstigen Filterfolien und einfachen RGB oder NGB bzw. RGN Indizes scheinen für einfache Anwendungen in der Praxis geeignet zu sein (Warren 2018). Ziel dieser Arbeit ist die Entwicklung und Evaluation eines einfachen optischen Sensors auf Basis des Raspberry Pi. Der Beitrag zeigt die grundlegenden Konstruktionsmerkmale des optischen Sensors, die dazu entwickelte Steuerungssoftware sowie erste Ergebnisse von Vergleichstests zu herkömmlichen Sensoren in Feldversuchen.

Material und Methoden

Als Grundlage für den Sensor wurde ein Raspberry 3B mit Raspbian Betriebssystem verwendet. Die Stromversorgung für die Messungen im Feld wurde durch eine Akkuerweiterung sichergestellt. Über einen Pi Kamera Multiplexer wurde eine Pi Kamera v2 sowie ein Pi NoIR Kamera v2 mit dem Raspberry verbunden. In das NoIR Kameramodul wurde anstelle des IR-Filters eine rote Filterfolie (Roscolux #19 FIRE) eingebaut. Die Elektronik wurde zum Schutz in ein Gehäuse verbaut, welches für Messungen in standardisiertem Abstand zum Pflanzenbestand an einem Skistock angebracht wurde (Abb.1a). Für die Erfassung der Bilder bzw. Messung wurde ein Programm in Python entwickelt. Die Steuerung des Prototyps erfolgte über eine kabellose Verbindung zu einem Smartphone.

Der verwendete Kameraaufbau ermöglichte die Aufnahme von Messwerten im roten, grünen, blauen und IR Spektralbereich. Für Berechnungen der Vegetationsindices wurden zunächst die Bodenbereiche in den Aufnahmen von den Pflanzenbeständen gefiltert (Abb.1b;c). Für diese Bildbearbeitung wurde Matlab (Mathworks) verwendet. Für die Evaluation des Sensors wurden Vergleichsmessungen auf dem Versuchsgut Dürnast bei Freising (Südbayern) auf einem Schlag mit Winterweizen durchgeführt. Anfang Juni 2018 wurden zur Mittagszeit in 6 N-Steigerungsstufen zu BBCH 63 je 7 Messungen pro Parzelle mit dem Tec5 Spektrometer durchgeführt. Aus den Messwerten wurden der NDVI und der REIP berechnet (Strenner und Maidl 2010). Für den Vergleich wurde auf den gleichen Parzellen jeweils ein Bild mit dem oben beschriebenen Sensor aufgenommen. Aus den Intensitätswerten in den einzelnen

Farbkanälen der aufgenommenen Bilder wurden 32 Indizes berechnet und mit den Tec5 Sensorwerten verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Grundsätzlich erwies sich die technische Umsetzung eines optischen Sensors auf Basis gebräuchlicher Raspberry Pi Komponenten als machbar. Eine Verbesserung der erfassten Spektralbereiche und der Bildqualität wären durch spezifischere Filter und eine verbesserte Kameraoptik möglich. Die Filterung des Bodenhintergrundes erwies sich als geeignet, um den Informationsgehalt der Aufnahmen in Bezug auf die Vegetationseigenschaften zu erhöhen. Hier sollte je nach Fragestellung weiter geprüft werden, ob eine entsprechende Bildbearbeitung den Bezug der Messungen zu Bestandsparametern wie Biomasseaufwuchs, Chlorophyllgehalt oder N-Aufnahme verbessern kann. Im Vergleich mit den durch den Tec5 Sensor ermittelten NDVI und REIP Werten konnten überraschend gute Übereinstimmungen gefunden werden. Mit dem Prototyp sollen daher im nächsten Jahr weitere Testmessungen erfolgen.

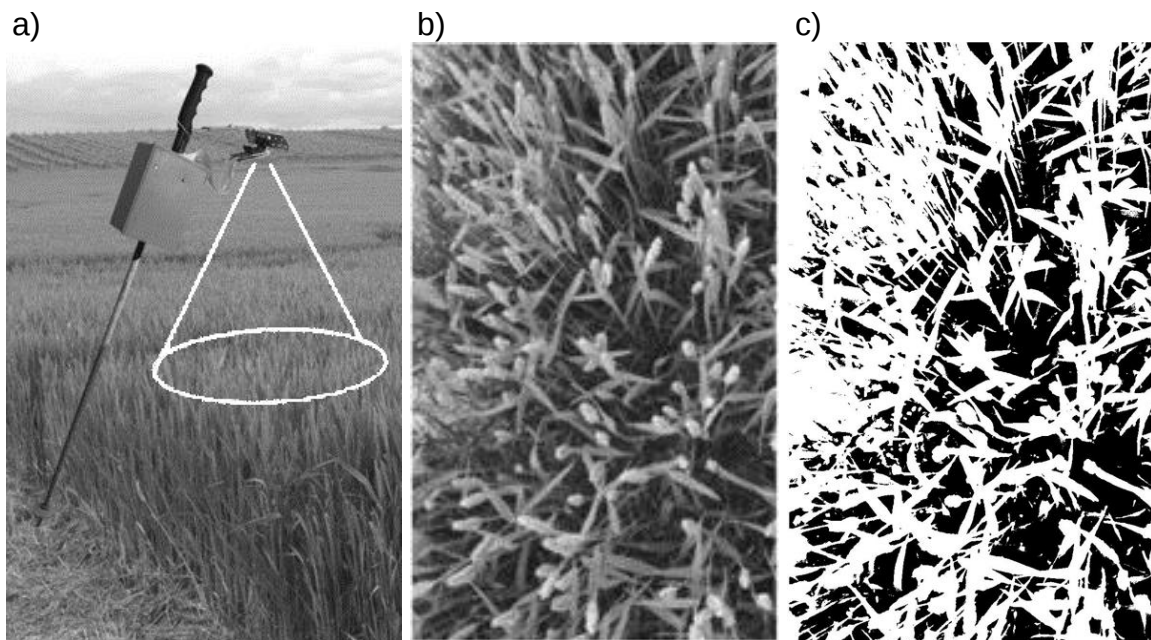


Abb. 1: a) Prototyp des „Low-Cost-Sensors“; b) RGB Bild des Pflanzenbestandes; c) Ergebnis der Bodenfilterung.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass die Ergebnisse dieses Versuchs vielversprechend sind. Mit Kosten unter 300,- € konnten Messwerte erzielt werden, die den professionellen Werten ähneln. Obwohl genaue Vergleiche noch anzustellen sind, zeigt sich dadurch das Potential des Ansatzes vor allem für kleine oder finanzschwache Betriebe oder Betriebe in sich entwickelnden Ländern.

Literatur

- Warren, J. (2018): Infragram Project. Public Laboratory, Cambridge, MA. Online unter: <https://publiclab.org/wiki/infragram>.
- Strenner, M.; Maidl, F.-X. (2010): Vergleich verschiedener Vegetationsindizes und ihre Eignung zur Bestimmung der N-Aufnahme in Winterweizen für die teilschlagbezogene Düngung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 22, S. 89-90.

A framework for standardized calculation of weather indices in Germany

Markus Möller¹, Juliane Urban², Henning Gerstmann³ and Til Feike¹

¹Institute for Strategies and Technology Assessment, Julius Kühn-Institut (JKI) | Federal Research Centre for Cultivated Plants, Kleinmachnow; ²Institute of Agricultural and Nutritional Sciences, Agribusiness Management Group, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle; ³Institute of Geosciences and Geography, Martin Luther University Halle-Wittenberg, Halle.
E-Mail: til.feike@julius-kuehn.de

Introduction

Climate change is a main driver of the increasing occurrence of extreme weather events, which are also recognized to increasingly impact crop production in Germany (Lüttger & Feike, 2018). Weather indices (WIs) are used to assess the impact of extreme weather conditions on crop yields. As such, researchers often relate specific weather conditions during particular growing phases, e.g. shooting, to crop yields and yield variation. Designing WIs is challenging, since complex and dynamic crop-climate relationships have to be considered. Consequently, geodata for WI calculations have to represent both the spatio-temporal dynamic of crop development and the corresponding weather conditions. Up to now, most WI studies neither consider the spatio-temporal dynamic of crop development nor provide information on the uncertainty of WI calculation in space and time (Möller et al., 2018).

Material and Methods

Hence, we introduce a WI design framework for Germany based on public and freely accessibly long-term Germany-wide raster data. The operational process chain enables the dynamic and automatic definition of relevant phenological phases for the main cultivated crops in Germany. As such, WIs can be calculated for any year and site in Germany in a reproducible and transparent manner.

Our design framework firstly, builds on data from the phenological monitoring network of the German Weather Service (DWD). All over Germany about 1200 volunteers record the beginning of principle phenological phases of the most common crops according to standardized criteria since 1951 (Kaspar et al. 2014). Secondly, we use daily air temperature data provided by the approximately 500 weather stations of the DWD. Based on the temperature and phenology data, the PHASE model (Gerstmann et al., 2016) generates Germany wide phenological raster data building on the growing-degree-day concept and spatial interpolation through regression kriging. Thirdly, daily precipitation data is available from DWD calculated using the specific regionalization method REGNIE (Rauthe et al. 2013).

Results and Discussion

There is stronger year-to-year than site-to-site variation in the timing of the phenological phase shooting and the respective rainfall sum. Accordingly, we see a strong variation in the phase-specific model inaccuracy over the years. As an example, we display the Germany wide predicted day of year of beginning of *shooting* and the respective kriging standard deviation. Higher σ^k values prevail especially in mountainous areas, e.g., the Alps in the south, but also in the north and northeast where both the meteorological and phenological observation network is comparatively sparse.

Compared to a purely station-based approach, the major advantage of our approach is the possibility to design spatial WIs based on raster data characterized by accuracy metrics. Raster data and WIs, which fulfill data quality standards, can contribute to an increased reliability, robustness and acceptance of WI products for science and practice.

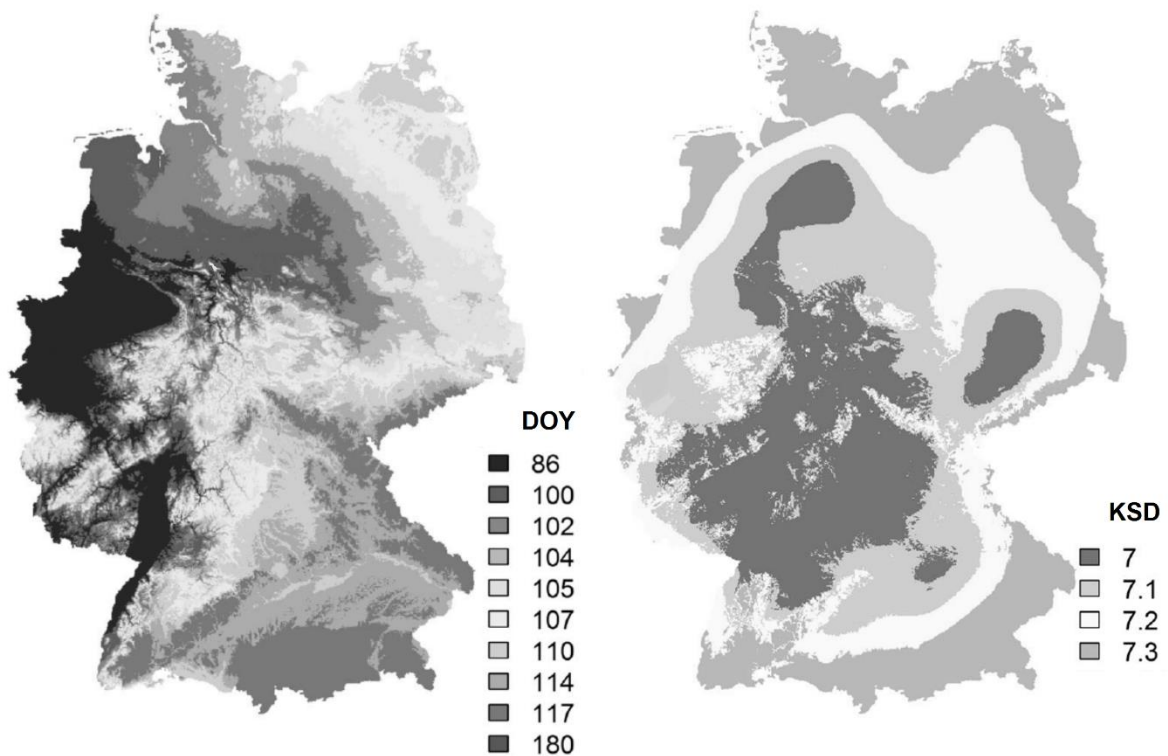


Figure 1. Predicted day of year (DOY; left) and respective kriging standard deviation (KSD; $[\sigma^k]$; right) of the phenological phase shooting of winter wheat in Germany in 2007.

References

- Gerstmann, H., Doktor, D., Gläßer, C., Möller, M. (2016) Phase: A geostatistical model for the kriging-based spatial prediction of crop phenology using public phenological and climatological observations. *Comput Electron Agric* 127:726–738.
- Kaspar, F., Zimmermann, K., Polte-Rudolf, C. (2014) An overview of the phenological observation network and the phenological database of Germany's national meteorological service (Deutscher Wetterdienst). *Adv Sci Res* 11:93–99.
- Lüttger, A.B., Feike, T. (2018) Development of heat and drought related extreme weather events and their effect on winter wheat yields in Germany. *Theor Appl Climatol* 132:15–29.
- Möller, M., Doms, J., Gerstmann, H., Feike, T., (2018). A framework for standardized calculation of weather indices in Germany. *Theor Appl Climatol*. Online first: URL <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2473-x>.
- Rauthe, M., Steiner, H., Riediger, U., Mazurkiewicz, A., Gratzki, A (2013) A central European precipitation climatology – Part I: Generation and validation of a high-resolution gridded daily data set (HYRAS). *Meteorol Z* 22(3):235–256.

Methodische Untersuchungen zur Präzision von Sortenversuchen mit Zuckerrüben

Christine Kenter, Philipp Götze und Erwin Ladewig

Institut für Zuckerrübenforschung an der Universität Göttingen. E-Mail: kenter@ifz-goettingen.de

Einleitung

Die vergleichende Beurteilung der Sortenleistung von Kulturpflanzen erfordert maximale Präzision bei der Anlage und Durchführung der entsprechenden Feldversuche mit dem Ziel, möglichst homogene Stichproben zu erzeugen. Für Wertprüfungen und Sortenversuche mit Zuckerrüben sind 80-100 Pflanzen pro Parzelle gefordert und wenn möglich sollen eine oder zwei Reihen quer zur Parzelle gedreht werden (Bundessortenamt 2000). Diese Stirnreihen sollen Randeffekte durch sehr große äußere Rüben in der Reihe (Stirnrüben) verhindern.

Die Angaben zur optimalen Stichprobengröße beruhen auf Untersuchungen aus den 1970er Jahren (Beiß & von Müller 1974). Seitdem ist jedoch der Rüben- und damit der Parzellenertrag erheblich gestiegen und es stellt sich die Frage, ob die Stichprobengröße verkleinert werden könnte, ohne im Ergebnis an Präzision einzubüßen. Je nach Standortgegebenheiten könnte dies die Ernte und Aufbereitung erheblich vereinfachen.

Große Stirnrüben werden beim Roden häufig zu tief oder schräg geköpft und lassen eine größere Heterogenität der Ertragsergebnisse erwarten. Ob die Stirnreihen einen Einfluss auf die Sortenrangfolge und die Präzision der Versuchsergebnisse haben, wurde jedoch bislang nicht beschrieben.

Material und Methoden

In den Jahren 2016 und 2017 wurden zwei Versuchsserien durchgeführt. Im Rahmen der methodischen Untersuchung „Stichprobengröße“ wurden insgesamt neun Feldversuche (4 Sorten, 4 Wiederholungen, 6-reihige Parzellen) angelegt. In jeder Parzelle wurden vier Erntereihen à 30 Rüben separat gerodet, gewogen und analysiert (Zucker-, Kalium-, Natrium- und Amino-N-Gehalt). Die Ergebnisse der Einzelreihen wurden rechnerisch für die unterschiedlichen Zielstichprobengrößen von 30, 60, 90 und 120 Rüben zusammengefasst. Als Maß für die Streuung wurde jeweils der Variationskoeffizient (VK) berechnet.

In der methodischen Untersuchung „Stirnreihen“ wurden 10 Sortenversuche (27 Sorten, 2 Fungizidstufen, 2 Wiederholungen) jeweils mit und ohne Stirnreihen angelegt. Aus Rübenenertrag, Zuckergehalt und den o. g. Qualitätsparametern wurde der bereinigte Zuckerertrag (BZE) berechnet. Mittels Varianzanalyse wurde der Einfluss von Sorte und Stirnreihen auf den BZE und mögliche Wechselwirkungen geprüft. Als Maß für die Präzision der Versuche wurden VK und Grenzdifferenz (Tukey, $p \leq 0,05$) für die einzelnen Parameter berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Variationskoeffizient für das Rübengewicht war generell größer als für den Zuckergehalt; die Unterschiede zwischen Sorten und Standorten waren relativ gering (Tab. 1). Unabhängig von Sorte, Standort und Merkmal ging der VK mit steigender **Stichprobengröße** zurück. Diese Veränderung war bei Erhöhung der Anzahl von 30 auf 60 Rüben, bzw. von einer auf zwei Reihen am größten und nahm mit jeder weiteren Vergrößerung der Stichprobe tendenziell ab.

Eine wesentliche Verkleinerung der Stichprobe auf weniger als die aktuell geforderten 80-100 Rüben ist damit bei gleichbleibender Präzision der Schätzung des Rübenertrages nicht möglich. Die Bestimmung des Zuckergehaltes wäre auch bei geringerer Probengröße noch hinreichend exakt, das gleiche gilt für die Melassebildner (nicht gezeigt).

Der Rübenерtrag und der BZE waren in den Versuchen ohne **Stirnreihen** höher als bei Anlage von Stirnreihen, da große Stirnrüben vermieden wurden (Tab. 2). Dabei gab es keine Wechselwirkungen, alle Sorten reagierten in gleicher Weise. Auch der prozentuale Ertragsverlust bei Anlage von Stirnreihen unterschied sich nicht signifikant zwischen den Sorten. VK und Grenzdifferenzen von Rübenерtrag und -qualität als Parameter für die Versuchshomogenität wurden durch die Anlage von Stirnreihen nicht beeinflusst (nicht gezeigt). Die Anlage von Stirnreihen hatte somit keinen Einfluss auf die Sortenrangfolge, führte aber auch nicht zu einer höheren Präzision der Ergebnisse.

Literatur

Beiß, U., A. von Müller (1974) Beiträge zur Methodik der Ertrags- und Qualitätsbestimmung bei Zuckerrüben. Zucker 4, 173-178.

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

Dieses Projekt wurde in Zusammenarbeit mit den regionalen Arbeitsgemeinschaften zur Förderung des Zuckerrübenanbaus und den Züchtungsunternehmen KWS Saat SE, SESVanderHave Deutschland GmbH, Strube GmbH & Co. KG und Syngenta Seeds GmbH durchgeführt.

Tab. 1: Variationskoeffizienten für Rübenерtrag und Zuckergehalt von zwei Zuckerrübensorten in Abhängigkeit von der Stichprobengröße, n = 4 Wiederholungen, zwei Standorte 2016. MW: Mittelwert

Sorte	n Rüben	Variationskoeffizient (%)			
		Rübenерtrag		Zuckergehalt	
		Stand- ort 1	Stand- ort 2	Stand- ort 1	Stand- ort 2
A	30	8,2	7,5	1,3	1,8
	60	5,7	4,2	1,0	1,7
	90	5,6	3,3	1,1	1,6
	120	5,5	1,3	1,0	1,6
B	30	7,1	4,6	0,8	1,1
	60	5,7	4,0	0,7	1,0
	90	4,0	2,0	0,7	0,7
	120	4,7	2,3	0,5	0,6
MW 30 Rüben		7,7	6,1	1,1	1,5
MW 60 Rüben		5,7	4,1	0,9	1,4
MW 90 Rüben		4,8	2,7	0,9	1,2
MW 120 Rüben		5,1	1,8	0,8	1,1

Tab. 2: Rübenерtrag (RE), Zuckergehalt (ZG) und Bereinigter Zuckerertrag (BZE) von Zuckerrüben in Sortenversuchen mit oder ohne Stirnreihen; 10 Versuche 2016-2017. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede innerhalb einer Spalte, Tukey, $p \leq 0,05$

Stirnreihen	Fungizid	RE (t ha ⁻¹)	ZG (%)	BZE (t ha ⁻¹)
ohne	ohne	98,1 c	17,4 a	15,2 b
ohne	mit	101,9 d	17,6 b	15,9 c
mit	ohne	92,1 a	17,6 b	14,5 a
mit	mit	95,4 b	17,7 c	15,1 b

Abschätzung kritischer Spannungsbereiche zur Erhaltung der Bodenfunktionen verschieden strukturierter Standorte

Julia Pöhlitz¹, Jan Rücknagel und Olaf Christen

¹Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Allgemeiner Pflanzenbau/Ökologischer Landbau, Halle (Saale). E-Mail: julia.poehlitz@landw.uni-halle.de

Einleitung

Die Bodenverdichtung ist eine ungünstige Veränderung der Bodenstruktur und beeinflusst neben den Porenfunktionen wie dem Bodenluft-, dem Bodenwasser- und dem Bodenwärmehaushalt (Lipiec and Hatano, 2003) auch die biologische Aktivität. Einer oder mehrerer dieser Faktoren können kritisch werden und gegebenenfalls damit zu Ertragseinbußen führen. Dies ist hauptsächlich abhängig von der angebauten Kultur, dem vorliegenden Bodentyp und den klimatischen Gegebenheiten. In der Literatur werden immer wieder Verdichtungsempfindlichkeiten gegenüber mechanischer Belastung auf Grundlage der Bodentextur abgeleitet (Diserens, 2009; Schjønning et al., 2015). Vor diesem Hintergrund richtet sich der Fokus der vorliegenden Arbeit auf die Quantifizierung kritischer Spannungsbereiche einzelner Bodenfunktionen bei unterschiedlich texturierten Standorten.

Material und Methoden

Neben klassisch bodenmechanischen (mechanische Vorbelastung) und computertomographischen (Makroporosität, Porenkonnektivität) Parametern wurden auch biologische (Bioporenanzahl) und pflanzenbauliche Parameter (Ertrag) miteinander verknüpft. Bei den beiden zuerst genannten Parametern wurden ungestörte Bodenproben in uniaxialen Verdichtungsversuchen mittels Ödometer (5–550 kPa) zur Bestimmung der mechanischen Vorbelastung nach Casagrande (1936) mit Hilfe der Spannungs-Lagerungsdichte-Kurve genutzt. Zwischen den Verdichtungsstufen fanden die Messungen am Computertomographen (CT) statt. Die Bildverarbeitung fand mit ImageJ zur Berechnung der Parameter Makroporosität und Porenkonnektivität statt. Die kritischen Spannungswerte der CT-Parameter wurden bei einer Makroporosität von 8 Vol.-% ermittelt bzw. bei der ersten signifikanten Änderung der Porenkonnektivität. Für die biologischen und pflanzenbaulichen Parameter wurde gestörter Boden in Säulenversuchen mit Sommergerste als auch Regenwürmern bei unterschiedlichen Bodendichten (Quellendorf, Slu: 1.49–1.77 g cm⁻³; Butteltstedt, Tu4: 1.28–1.63 g cm⁻³; Rothenberga, Ut3: 1.21–1.56 g cm⁻³; Kranichborn, Su3: 0.72–1.07 g cm⁻³) verwendet. Die Säulen wurden manuell in 5 cm mächtigen Schichten unter Verwendung von Metallplatten verdichtet (max. 25 cm). Für den Säulenversuch mit Sommergerste wurde die Sorte Avalon verwendet. Jede Säule besaß 10 Pflanzen. Ein Zielwert von 90 kg N ha⁻¹ abzüglich der schon vorhandenen N_{min}-Menge wurde mit Hilfe von KAS angestrebt. Der Versuch fand in einer randomisierten Reihenfolge im Gewächshaus bis zur Ernte statt. Anschließend wurde der Korn- und Strohertrag bestimmt. Für den Säulenversuch mit Regenwürmern wurde die Gattung *Lumbricus terrestris* verwendet. Jede Säule besaß 6 Regenwürmer. Die Säulen wurden für 3 Wochen bei 20 °C im Dunkeln aufbewahrt und anschließend wurde die Anzahl der Bioporen jeder Schicht ermittelt und aufsummiert. Die Optimumwerte dieser drei Parameter, die bei einer bestimmten Lagerungsdichte auftraten, wurden genutzt um die kritischen Spannungswerte mit Hilfe der Spannungs-Lagerungsdichte-Kurven zu ermitteln. Die Spannungswerte der

mechanischen Vorbelastung, der Makroporosität, der Porenkonnektivität, des Korn- und Strohertrages und der Anzahl der Bioporen bilden die kritischen Spannungsbereiche der unterschiedlich texturierten Standorte.

Ergebnisse und Diskussion

Die einzelnen Bodenparameter reagierten unterschiedlich auf mechanische Belastungen. Die Spannungsbereiche unterscheiden sich in Abhängigkeit von der Bodenart die aufgrund von Unterschieden im Porenraum auftreten (Abb. 1). Die Spannungs-Lagerungsdichte-Kurven der Standorte sind klassisch und synchron und führen zu einem ähnlichen Wert für die mechanische Vorbelastung. In der Regel liegt dieser Wert auch in der Mitte der kritischen Spannungsbereiche. Für die CT-Parameter ist der kritische Spannungswert der Makroporosität üblicherweise kleiner als der der Porenkonnektivität, da mit zunehmender Belastung die Poren zunächst im Durchmesser reduziert werden, aber immer noch verbunden sein können. Die biologischen und agronomischen Parameter sind die empfindlichsten Parameter und treten daher gewöhnlich an der unteren Grenze der kritischen Spannungsbereiche auf.

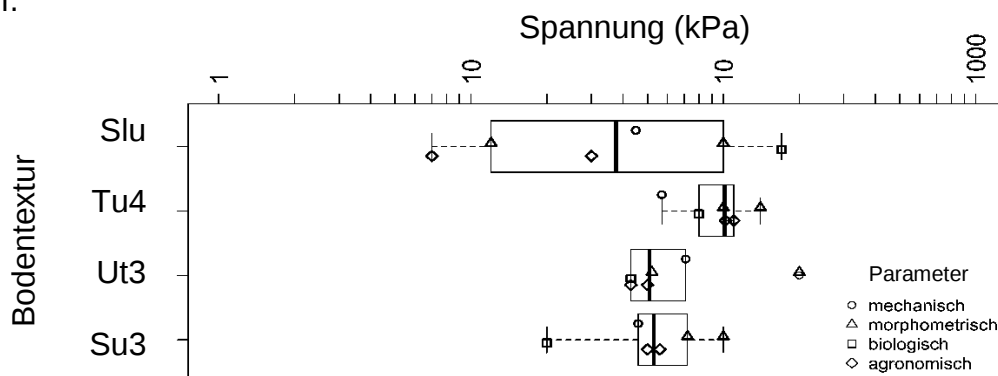


Abb. 1: Kritische Spannungsbereiche der Bodentexturen Slu, Tu4, Ut3, Su3 die sich aus den mechanischen, morphometrischen, biologischen und agronomischen Parametern ergeben.

Die beiden Sandstandorte Quellendorf und Kranichborn besitzen die größten kritischen Spannungsbereiche. Butteltstedt besitzt den kleinsten kritischen Spannungsbereich. Trotz der strukturellen Unterschiede sind die Mediane der kritischen Spannungsbereiche bis auf den stark tonigen Standort Butteltstedt sehr ähnlich. Die Ergebnisse dieser Studie geben einen ersten Hinweis, dass bei Betrachtung mehrerer Bodenfunktionsparameter die Böden trotz unterschiedlicher Textur insgesamt eine ähnliche Verdichtungsempfindlichkeit gegenüber mechanischer Belastung aufweisen können.

Literatur

- Casagrande, A., 1936. The determination of the pre-consolidation load and its practical significance. Proceedings of the International Conference on Soil Mechanics and Foundation Engineering, Harvard University, Cambridge pp. 60–64.
- Diserens, E., 2009. Calculating the contact area of trailer tyres in the field. Soil & Tillage Research 103, 302–309.
- Lipiec, J., Hatano, R., 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. Geoderma 116, 107–136.
- 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.

Biogas im Ökologischen Landbau nach 2020 (BOEL2020) – Erste Ergebnisse

Esther Grüner, Rüdiger Graß und Michael Wachendorf

Fachgebiet Grünlandwissenschaft und Nachwachsende Rohstoffe, Witzenhausen

E-Mail: *Esther.Gruener@uni-kassel.de*

Einleitung

Im ökologischen Landbau (ÖL) darf entsprechend der Richtlinien der Anbauverbände derzeit zu bestimmten Anteilen konventionelle Biomasse (z.B. Maissilage) zur Biogasproduktion eingesetzt werden. Dies soll - verbandsabhängig - ab 2020 nicht mehr zulässig sein. Eine Ausweitung der Produktionsfläche zur zusätzlichen Erzeugung von Substraten ist im ÖL kaum realisierbar.

Ziel des Projektes BOEL2020 ist die Integration des Anbaus von Energiepflanzen innerhalb der Fruchtfolge ohne oder nur mit geringer Flächenkonkurrenz für die Nahrungs- und Futtermittelproduktion, da diese im ÖL weiterhin Priorität haben wird. Dazu wurden drei Verfahren zur Erschließung zusätzlicher Biomassequellen untersucht, die an unterschiedlichen Stellen in der Fruchtfolge ansetzen.

Material und Methoden

Der Versuch wird auf dem ökologischen Versuchsbetrieb Neu-Eichenberg der Universität Kassel über drei Vegetationsperioden (2016-2019) durchgeführt. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse des ersten Versuchsjahres 2017 (Saat 2016) vorgestellt. Folgende Varianten wurden, eingeteilt in drei Prüfglieder (PG), in vierfacher Wiederholung untersucht:

- **PG I: Intensiver Sommerzwischenfruchtanbau** (nach Roggen als Druschfrucht) mit Hafer, Hafer-Erbse sowie Klee gras als Untersaat
- **PG II: Ganzjähriger Feldfutterbau** mit Klee- und Luzernegras sowie Landsberger Gemenge (Zumischung von je 10 % Rotklee und Luzerne)
- **PG III: Zweikulturnutzung** mit Erst-/Zweikultur: Wintererbsen-Winterroggen/Mais, Wintererbse-Triticale/Hafer, Winterroggen/Hafer-Erbse, Winterroggen/Klee grasuntersaat, Mais als Referenzkultur

Bei allen Varianten handelte es sich um ein einjähriges Fruchtfolgeelement, das sich bei PG I und III aus zwei aufeinander folgenden Kulturen zusammensetzte und bei PG II aus einem vierschnittigen Feldfutterbau bestand. Neben der Ertragsleistung (TM=Trockenmasse, 105 °C) wurde die Stickstofffixierungsleistung (N-Fixierung) mittels erweiterter Differenzmethode nach Stülpnagel (1982) ermittelt, wofür bei den Gemengen die Partner jeweils in Reinsaat angebaut und N_{min}-Bodenproben (0-90 cm) entnommen wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Die drei PGs setzen an unterschiedlichen Stellen in der Fruchtfolge an und wiesen somit unterschiedlich lange Anbauzeiten auf der jeweiligen Fläche auf.

Im PG I wurde beim Roggen als Druschfrucht mit über 8 t TM ha⁻¹ ein sehr hoher Ertrag erzielt (Abb. 1). Dem gegenüber zeigte der Hafer als Zwischenfrucht einen starken Befall von Gelbverzwergungsvirus, wodurch die Erträge auch im Gemenge mit Erbse auf einem niedrigen Niveau lagen (1,7 t ha⁻¹). Durch die sehr kurze Anbauzeit lag die N-Fixierung des Gemenges bei 30 kg N ha⁻¹ (Tab. 1).

Witterungsbedingt vertrocknete die Untersaat, weswegen hier keine Ergebnisse vorlagen.

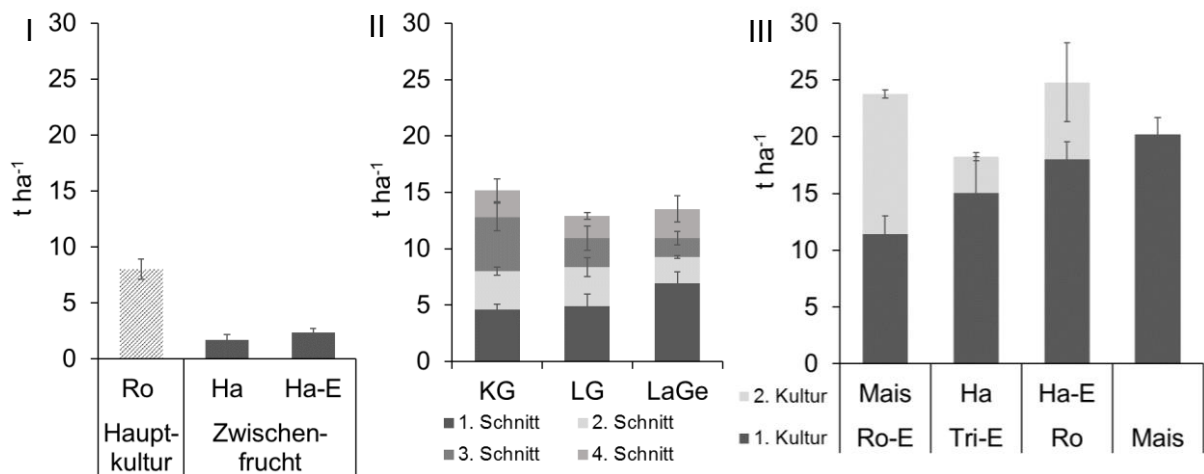


Abb. 1: Trockenmasseerträge (t ha^{-1}) der PG: (I) Sommerzwischenfrucht (Ro=Roggen, Ha=Hafer, Ha-E=Hafer-Erbse); (II) Ganzjähriger Futterbau (KG=Klee gras, LG=Luzernegras, LaGe=Landesberger Gemenge); (III) Zweikulturnutzung (Ro-E=Roggen-Erbse, Tri-E=Triticale-Erbse)

Im PG II konnten in allen drei Varianten vier Schnitte erzielt werden. Da der Inkarnatklée des Landsberger Gemenges nicht schnittfest ist, zeigte das Klee gras bei der Gesamtbetrachtung über alle Schnitte mit ca. 15 t ha^{-1} den höchsten Ertrag mit einer hohen N-Fixierung (261 kg N ha^{-1}).

Wie in PG I konnte auch bei PG III die Untersaat witterungsbedingt nicht untersucht werden. Auch der Hafer zeigte einen Befall mit Gelbverzwergungsvirus. Insgesamt überstiegen aber die Varianten Roggen-Erbse/Mais und Roggen/Hafer-Erbse die Erträge vom angebauten Referenzmais in Hauptfruchtstellung (20 t ha^{-1}). Der vier Wochen spätere Erntezeitpunkt des Triticale-Erbsen-Gemenges im Vergleich zum Roggen-Erbse-Gemenge spiegelte sich nicht nur im Ertrag, sondern auch in einer höheren N-Fixierung wieder (151 t ha^{-1}).

Tab. 1: Stickstofffixierungsleistung der Gemenge der PG: I Sommerzwischenfrucht (Ro=Roggen, Ha=Hafer, Ha-E=Hafer-Erbse); II Ganzjähriger Futterbau (KG=Klee gras, LG=Luzernegras, LaGe=Landesberger Gemenge); III Zweikulturnutzung (Ro-E=Roggen-Erbse, Tri-E=Triticale-Erbse)

PG	I.	II.	III.
Kultur	Ha-E	KG LG LaGe	Ro-E Tri-E
Gesamt kg N ha^{-1}	30	261 217 70	70 151

Die Ergebnisse zeigen, dass durch eine Intensivierung des Ackerbaus im ÖL innerhalb eines Jahres Biomasse sowohl für die Futter- bzw. Nahrungsmittelproduktion als auch für die Biogaserzeugung bereitgestellt werden kann. Dabei können Synergieeffekte wie eine zusätzliche N-Fixierung und eine ganzjährige Bodenbedeckung generiert werden. Die Ergebnisse werden in zwei weiteren Versuchsjahren überprüft.

Literatur

Stülpnagel, R. (1982): Schätzung der von Ackerbohnen symbiontisch fixierten Stickstoffmenge im Feldversuch mit der erweiterten Differenzmethode. In: Zeitschrift für Acker- und Pflanzenbau 151, S. 446–458.

Arthropodendiversität (*Arachnida* und *Insecta*) auf Flächen mit unterschiedlichen Energiepflanzen

Lucie Chmelíková, Agathe Zach und Sebastian Wolfrum

Lehrstuhl für Ökologischen Landbau und Pflanzenbausysteme / Technische Universität München, Freising. E-Mail: lucie.chmelikova@mytum.de

Einleitung

Die landwirtschaftliche Intensivierung in den letzten Jahrzehnten hat sich negativ sowohl auf die Pflanzen- als auch die Tiervielfalt ausgewirkt (Green et al. 2005). Dies ist aus produktionsökologischer Sicht vor allem insofern problematisch, da die Biodiversität eine große Rolle bei der Bereitstellung einer Reihe von Ökosystemleistungen spielt (Whittingham 2011).

Blütenbesuchende Insekten brauchen Nektar und Pollen von Pflanzen als Nahrung. Im Gegenzug bestäuben sie die Pflanzen. Nach Klein et al. (2007) kann Insektenbestäubung den Ertrag sogar steigern. In der intensiven Agrarlandschaft sind die Nahrungsressourcen für Bestäuber aber oft gering. Beim Anbau von Raps oder Mais ist entweder die Blütezeit zeitlich sehr begrenzt oder die Blüten produzieren keinen Nektar. Gleichzeitig gehören diese einjährigen Kulturen nicht zu den klima- und umweltfreundlichsten Energiepflanzen. Aus diesem und anderen Gründen wird nach mehrjährigen Alternativen gesucht. Im Jahr 2014 wurde ein Versuch mit „neuen“ Energiepflanzen in Roggenstein (Südbayern) angelegt, in dem verschiedene Parameter untersucht werden. Dieser Tagungsbeitrag fokussiert sich auf die Arthropodendiversität der Flächen mit *Miscanthus*, Winterweizen, Silphie und Luzerne-Kleeegrasmischung, die jeweils in 4 Wiederholungen vorhanden sind. Zusätzlich wurden 4 Kontrollflächen im Umfeld des Versuches untersucht.

Material und Methoden

Die Attraktivität der Pflanzen wurde zu fünf Terminen (Mitte Mai, Mitte Juni, Mitte Juli, Anfang August, Ende August) mit Hilfe zweier verschiedener Methoden (UV-Becherfallen und Beobachtung) untersucht. Die Fallen bestehen aus drei einfachen Plastikschalen, die nebeneinander an einer Stange befestigt werden. Sie sind innen mit UV-aktiven Farben in weiß, gelb und blau bemalt, um blühende Pflanzen nachzuahmen und somit Bestäuber anzulocken. Die Schalen werden mit einer Kochsalzlösung gefüllt und für ca. eine Woche auf der Untersuchungsfläche belassen. Der Inhalt der Fallen wird anschließend in gekennzeichnete und zur Konservierung mit Ethanol gefüllte Plastikbeutel geleert. Daraufhin wird der Inhalt der einzelnen Beutel bestimmt.

Die Beobachtungen wurden von 4 Personen durchgeführt. Auf jeder Fläche wurden die Blütenfarben der Begleitvegetation aufgenommen. Jede Untersuchungsfläche wurde von einer Person für jeweils 5 Minuten beobachtet. Dabei wurden in einem vereinfachten Verfahren 4 Gruppen der Klasse *Arachnida* und 14 Gruppen der Klasse *Insecta* bestimmt. In diesem Beitrag werden die Ergebnisse der ersten zwei Termine dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Zu beiden Terminen im Mai und Juni 2017 wurde sowohl die höchste Individuenanzahl (13-25) als auch die höchste Diversität (5-6) der Artengruppen auf den Flächen mit Silphie beobachtet. Im Mai gehörten die Vertreter der Ordnung

Diptera (v.a. *Tipulidea*) und *Coleoptera* zu den häufigsten Arthropoden. Im Mai wurde die niedrigste Individuenanzahl (9-14) auf den Flächen mit *Miscanthus* und die niedrigste Diversität der Artengruppen (3-5) auf den Kontrollflächen beobachtet. Im Juni wurde sowohl die niedrigste Individuenanzahl als auch niedrigste Diversität der Artengruppen auf den Flächen mit Luzerne-Klee-Gras, die vor Kurzen gemäht wurden, gefunden. Die Ergebnisse waren allerdings weder zum ersten noch zum zweiten Termin statistisch signifikant.

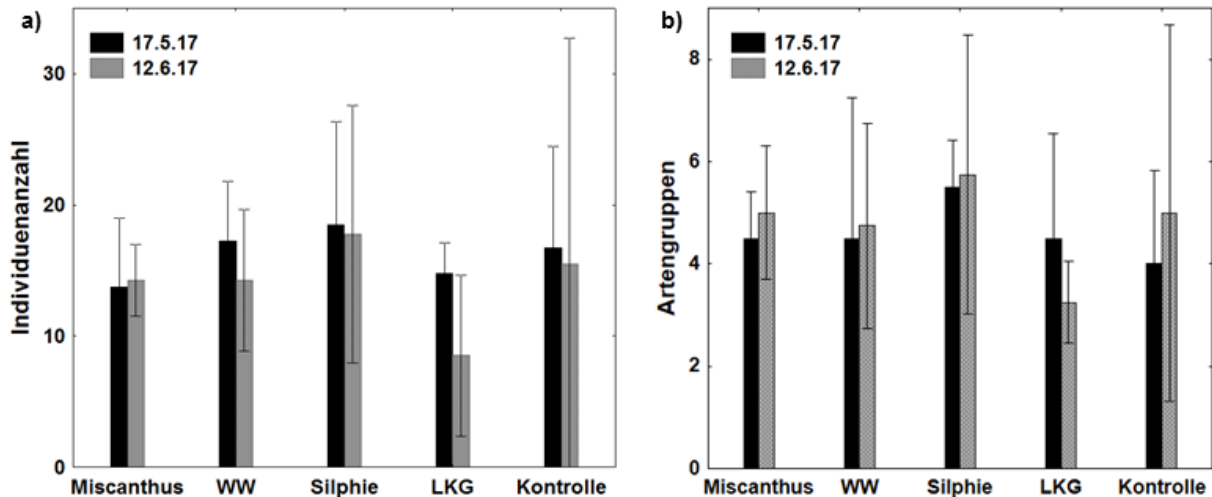


Abb. 1: Beobachtungsergebnisse (17.5.17 und 12.6.17) der Klassen *Insecta* und *Arachnida* (a) Individuenanzahl, (b) Artengruppenanzahl.

Die höchste Variabilität wurde auf den um den Versuch verteilten Kontrollflächen gefunden, da diese sehr heterogen waren (Waldrand, Hecke, Ackerränder).

In den weiteren Schritten werden alle fünf Termine ausgewertet. Die Individuen aus den Fallen werden bis auf die Ebene der einzelnen Arten bestimmt. Da sich die verschiedenen Pflanzenarten zu den Untersuchungsterminen in unterschiedlichen Vegetationsphasen befinden, sind unterschiedliche Auswirkungen auf die Arthropodendiversität zu erwarten. Die Ergebnisse der einzelnen Methoden werden daraufhin verglichen werden.

Literatur

- Green, Rhys E.; Cornell, Stephen J.; Scharlemann, Jörn P. W.; Balmford, Andrew (2005): Farming and the fate of wild nature. In: *Science* (New York, N.Y.) 307 (5709), S. 550–555. DOI: 10.1126/science.1106049.
- Klein, Alexandra-Maria; Vaissière, Bernard E.; Cane, James H.; Steffan-Dewenter, Ingolf; Cunningham, Saul A.; Kremen, Claire; Tscharntke, Teja (2007): Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. In: *Proceedings. Biological sciences* 274 (1608), S. 303–313.
- Whittingham, Mark J. (2011): The future of agri-environment schemes. Biodiversity gains and ecosystem service delivery? In: *Journal of Applied Ecology* 48 (3), S. 509–513. DOI: 10.1111/j.1365-2664.2011.01987.x.

Prozessentwicklung in der Aufbereitung von Nachwachsenden Rohstoffen zur Eignung als Papierrohstoff für die Verpackungsindustrie

Niklas Frase¹, Martin Höller¹, 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

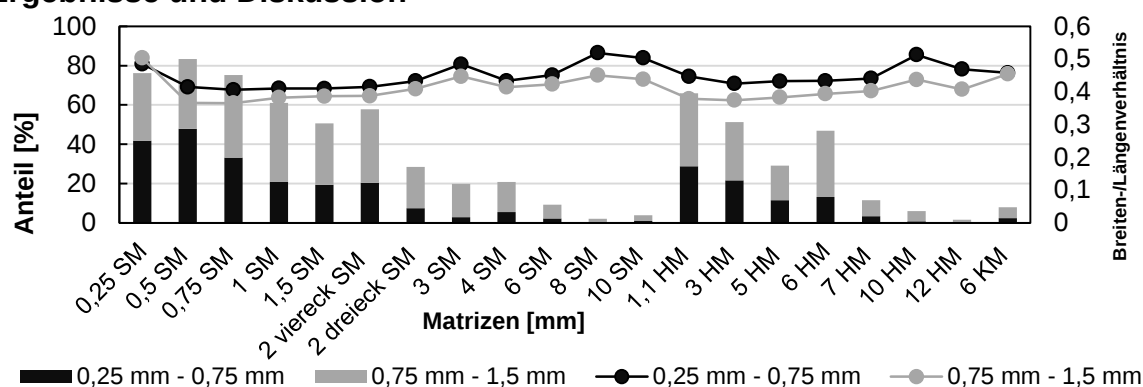
Einleitung

Aufgrund der stetig steigenden Nachfrage und dem zunehmendem Verbrauch von Verpackungen (VDP, 2017)^[1] besteht der Bedarf an neuen Rohstoffquellen, die diesen Zuwachs nachhaltig abdecken können. Auf der Suche nach Rohstoffalternativen werden in dieser Arbeit *Miscanthus x giganteus* und *Helianthus tuberosus* untersucht. Die Rohstoffproduktion ist in mehrere Prozessschritte aufgeteilt. Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit liegt auf der Zerkleinerung und der anschließenden Siebung der Rohmaterialien, sowie der Analyse zu den qualitativen und quantitativen Eigenschaften. Ziel der Untersuchung ist es, einen optimierten Produktionsablauf zu entwickeln, womit eine hohe Quantität und Qualität an Rohfasern für die Papierindustrie gewonnen werden kann. In der Papierindustrie werden verschieden lange Partikellängen für die Papierherstellung benötigt. Aufgeteilt in Lang- / Kurzfasern haben diese eine optimale Länge von 1,5 mm bis 0,71 mm bzw. 0,7 mm bis 0,25 mm. Alle weiteren Partikel die, < 0,25 mm sind, gelten als Feinstaub und belasten bei der Produktion das Abwasser. Fasern die eine Länge > 1,5 mm aufweisen, gelten als Stippen und sind zu groß für die Papierproduktion. Die Partikel sollten zudem ein geringes Breiten- / Längenverhältnis aufweisen.

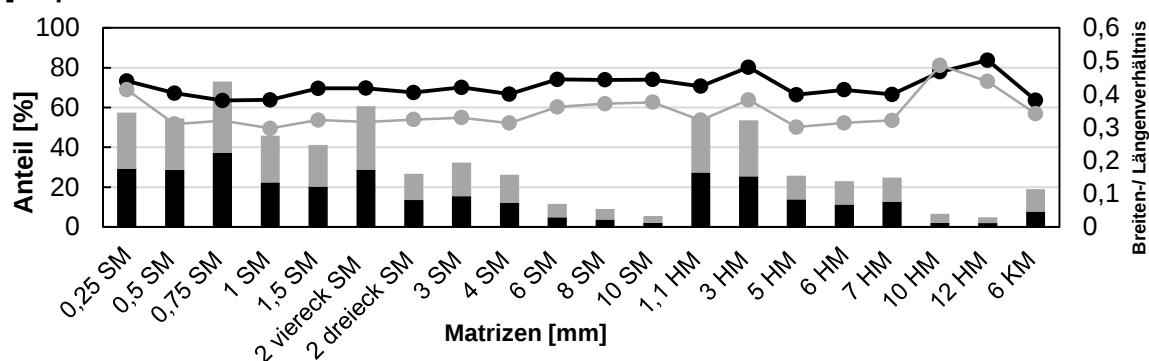
Material und Methoden

Untersucht werden soll in diesem Versuch der Anteil von Partikeln, die nach unterschiedlichen Zerkleinerungen die Länge von Kurz- und Langfasern aufweisen. Für die Zerkleinerung wurden eine Hammermühle (Fa. Buschhoff Typ BHS 100), eine Schneidmühle (Fa. Retsch Typ SM 300) und eine Kollermühle (Fa. Kahl Typ Presse 33-390) angewendet. Wobei verschiedene Matrizengrößen verwendet wurden. Im Anschluss an die Zerkleinerung wurden alle Varianten mittels einer Schwingsiebmaschine (Fa. S%F GmbH Typ ASM 100) in verschiedene Partikelgrößen gesiebt. Mit einem Probenteiler (Fa. Retsch Typ PT 100) wurden jeweils 6 Proben erstellt und im dynamischen Bildanalyseverfahren mithilfe eines Camsizers (Fa. Retsch Typ Camsizer P4) auf ihre Länge und das Breiten-/Längenverhältnis (0 = länglich, 1 = rund) analysiert. Verwendet wurden, am Standort des Versuchsgutes Campus Klein-Altendorf (CKA) angepflanzte, mehrjährige Pflanzen mit nachfolgenden Ernteparametern: *Miscanthus*, Ernte April 2017, Standjahr 4, 1. Schnitt im Jahr 2017 mit TM 90,0% und *Topinambur*, Ernte Dezember 2016, Standjahr 2, 1. Schnitt im Jahr 2016 mit TM 88,3%.

Ergebnisse und Diskussion



[A] Topinambur



[B] Miscanthus

Abbildung [A, B]: Siebfraktionen der Kurz- und Langfasern [%] bei unterschiedlichen Matrizengrößen und Breiten-/ Längenverhältnis von Topinambur und Miscanthus, n = 6.

Das Ziel der Zerkleinerung war, einen möglichst hohen Anteil an Kurz- und Langfasern zu erhalten. Erreicht werden konnte dies mit der Schneidemühle (SM) in den kleineren Matrizengrößen 0,5 mm bei Topinambur (82,8%) und 0,75 mm bei Miscanthus (72,9%). Bei der Hammermühle (HM) liegen die höchsten Ausbeuten ebenfalls im kleineren Matrizengbereich von 1,1 mm (Topinambur 65,9%, Miscanthus 55,4%). Bei der Kollermühle stand nur eine Matriz zur Verfügung, deren Ausbeute weit unter dem Maximum der SM und HM liegt (8% Topinambur und 19% Miscanthus). Insgesamt wurden für weitere Analysen die Matrizengrößen 1 mm (1,1 mm) und 6 mm ausgewählt. Begründet ist dieses, dass in allen Mühlen nur die 6 mm Matriz gleich ist und somit eine Vergleichbarkeit für weitere Analysen besteht. Mit der 1 mm Matriz der SM und HM kann, bei gleich großer Matrizengröße, die höchste Ausbeute an Fasern produziert werden.

In weiter folgenden Versuchen werden aus den hergestellten Fasern Laborblätter erstellt. Zudem erfolgen weitere Sieblinien mit anderen nachwachsenden Rohstoffen, die auf dem Poster dargestellt werden.

Danksagung:

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) über die Bezirksregierung Köln (Projekt: Kompetenzschwerpunkt Biobasierte Produkte) gefördert.

Literatur

^[1]VDP, 2017, Kennzahlen Zellstoff und Papierfabriken in Deutschland, Pressekonferenz-Zahlen-2017 Verband Deutscher Papierfabriken e.V.

***Miscanthus* für die nachhaltige baustoffliche Nutzung am Beispiel bindemittelfreier Faserplatten**

Lüders Moll¹, Thorsten Kraska², Georg Völkerling¹ und Ralf Pude^{1/2}

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

Einleitung

Die Nachhaltigkeit der baustofflichen Nutzung Nachwachsender Rohstoffe wird gegenwärtig in Frage gestellt. Die Hauptkritikpunkte sind sowohl die Rohstoffbeschaffung als auch die Emissions- und Nachhaltigkeitsproblematik verschiedener Bindemittelsysteme. ^[1,2]

Um zu verstehen, wie die Nachhaltigkeit der baustofflichen Nutzung erhöht werden kann, ist *Miscanthus* als schnellwachsende, ligninreiche und parenchymhaltige Pflanze als Biomassebeispiel in einer bindemittelfreien Faserplatte ausgewählt worden. Hierbei werden die Nachhaltigkeitsaspekte eines regional produzierten Nachwachsenden Rohstoffes mit einem thermophysikalischen Verarbeitungsverfahren kombiniert. Ziel der Untersuchung ist es, durch eine zielgerichtete mechanische Zerkleinerung einen qualitativ gleichbleibenden Rohstoff zu gewinnen und die optimalen Partikeleigenschaften für die Anwendung im Baustoffbereich zu erarbeiten. Des Weiteren sollen die Zusammenhänge zwischen den Partikelformparametern und den statischen Eigenschaften erfasst werden, um zielgerichtete Forschung zu ermöglichen.

Material und Methoden

Feldgehäckselte Biomasse wurde in einer Hammermühle (Fa. Buschhoff Typ BHS 100) mit einer 3 mm Siebmatrize nachzerkleinert und über eine Schwingsiebmaschine (S&F, ASM-100) auf vier Siebfraktionen mit drei Lochgrößen (0,25 mm; 0,5 mm; 0,75 mm) verteilt. Form- und Größenparameter wurden mittels dynamischer Bildanalyse (Retsch, Camsizer P4) bestimmt.

Die Siebfraktionen wurden ohne weitere Verarbeitung mit einer beheizten hydraulischen Laborpresse (Wickert und Söhne) unter einheitlichen Konditionen nach Literaturmethodik von Velsquez *et al.* (P = 120 bar, T = 150 °C) ^[2] zu Faserplatten gepresst.

Das Elastizitätsmodul und die Zugfestigkeit wurden als mechanische Eigenschaften mit einer Universalprüfmaschine (Hess, H20 TM EDC 222) von verschiedenen Probenabschnitten aus den Faserplatten bestimmt. Es wurden verschiedene Rohstoffqualitäten analysiert und die baustofflichen Eigenschaften der Systeme charakterisiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die höchsten Festigkeiten für Faserplatten ließen sich mit Partikeln aus Siebfraktion 1 (0-0,25 mm) erreichen. Abb. 1 zeigt das Bruchverhalten bei einem Drucktest und Tab. 1 zeigt die bestimmten Elastizitätsmodule für die Faserplatten aus den jeweiligen Siebfraktionen. Es zeigt sich eine Abnahme der mechanischen Eigenschaften mit zunehmender Partikelgröße. Die dynamische Bildanalyse zeigt

Unterschiede in Sphärizität, Symmetrie und Längen- zu Breiten- Verhältnis zwischen den Siebfractionen.

Durch die multiplen Variablen in den Formparametern über die Fraktionen lässt sich keine direkte Korrelation zwischen den Formparametern und den mechanischen Eigenschaften feststellen.

Die vorhandenen Ergebnisse sind in Übereinstimmung mit der Literatur ^[1,2], in welcher dieser Effekt auf einen erhöhten physikalischen Kontakt zwischen den Partikeln und einer somit erhöhten Dichte der Faserplatten zurückgeführt wird. Vorausgesetzt, dass die Bindung zwischen den Partikeln die Schwachstelle der Platten darstellt, ist bei größeren Partikeln theoretisch eine höhere Gesamtvernetzung und damit erhöhte Festigkeit zu erwarten. Im Kontext dieser Forschung bedeutet dieses Ergebnis, dass eine gezielte weitere Vernetzung der größeren Partikelfractionen notwendig ist, um die mechanischen Eigenschaften zu maximieren.

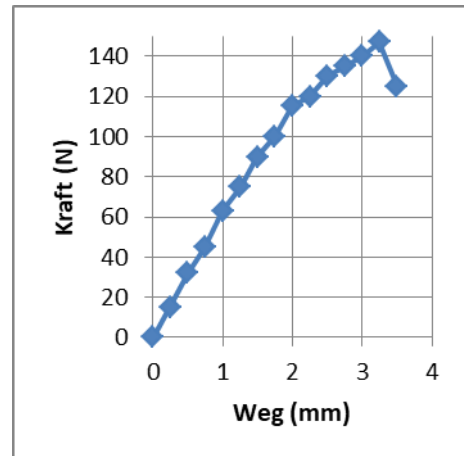


Abb. 1: Das Bruchverhalten einer bindemittelfreien Faserplatte

Tab. 1: Durchschnittliche mechanische Eigenschaften der Faserplatten und Partikel-Größenparameter der jeweiligen Rohmasse

Fraktion	Elastizitätsmodul [N/m ²]	Zugfestigkeit [N]	Partikelgröße [μm]	Cut-Off [μm]
1	≈ 1200	≈1240	399	47
2	≈ 750	≈790	570	84
3	≈ 190	≈410	930	180
4	≈ 130	≈300	1300	530

Danksagung:

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Europäischen Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) über die Bezirksregierung Köln (Projekt: Kompetenzschwerpunkt biobasierte Produkte) gefördert. Eine Kooperation mit der Karodur WIRKTELLER GmbH und der freundlichen Unterstützung der Universität Siegen haben dieses Vorhaben weiterhin ermöglicht.

Literatur

- Hubbe M., Pizzi A., Zhang H., and Halis R. (2018): Critical Links Governing Performance of Self-binding and Natural Binders for Hot-pressed Reconstituted Lignocellulosic Board without Added Formaldehyde: A Review. In: *BioResources* 2018 (13), S. 2049–2115.
- Velsquez, J. A.; Ferrando, F.; Farriol, X.; Salvad, J. (2003): Binderless fiberboard from steam exploded *Miscanthus sinensis*. In: *Wood Science and Technology* 37 (3-4), S. 269–278. DOI: 10.1007/s00226-003-0182-8.

Mechanische Vorbehandlung von *Lolium perenne*, *Silphium perfoliatum* und *Sida hermaphrodita*, und deren Einfluss auf die Faser- und Partikelmorphologie

Martin G. Höller¹, Niklas Frase¹, Georg Völkerling² und Ralf Pude^{1,2}

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

Einleitung

Die fortschreitende Digitalisierung von Informations- und Kommunikationsprozessen und die damit einhergehenden Veränderungen im Konsumverhalten von Gesellschaften stellen die Papierindustrie vor große Herausforderungen. Während im Bereich der Printmedien eine sinkende Nachfrage für grafische Papiere (z.B. Druckpapier) zu verzeichnen ist, steigt der Bedarf an Verpackungsmaterialien stetig an^[1]. Diese Veränderungen haben einen unmittelbaren Einfluss auf den Papierrecyclingkreislauf, auf die Verfügbarkeit gewisser Altpapiersorten und deren Preise. Auf der Suche nach Alternativen bieten Gräser und Stauden aufgrund ihrer cellulosehaltigen Fasern ein Potential als Rohstoffquelle zu fungieren. Gras (*Lolium perenne*), Sida (*Sida hermaphrodita*) und Silphium (*Silphium perfoliatum*) sind mehrjährig, haben geringe Standortansprüche sowie hohe Erträge^[2] und könnten sich als Alternativrohstoffe eignen. Die Faserlänge und -breite sowie das Verhältnis beider Parameter, die so genannte Formzahl, sind wichtige Kennzahlen zur qualitativen Charakterisierung von Faserstoffen für die Papierindustrie. Um das Potential alternativer Rohstoffe für die Papierherstellung zu evaluieren, sind Kenntnisse über die Fasermorphologie essentiell. Daher wurden im Rahmen dieser Untersuchung Gras, Sida und Silphium mit einer Hammermühle mechanisch vorbehandelt und mittels dynamischer Bildanalyse analysiert. Die Ergebnisse wurden mit mittleren Faserlängen und -breiten von Papierfaserstoffen aus der Literatur verglichen.

Material und Methoden

Ausgangsrrohstoff war eine Gräsermischung (vorwiegend *Lolium perenne*; Ernte: Juni 2017; TM: 85,6%, Ausgangslänge 10-30 cm), erster Schnitt, von extensivem Dauergrünland und abgereifte Bestände von Sida (Ernte: April 2017; TM: 89,6%, Häckselstücklänge 5-10 cm) und Silphium (Ernte: Dezember 2016; TM: 87,1%, Häckselstücklänge 5-10 cm). Die drei Rohstoffe wurden mit einer Hammermühle (Fa. Buschhoff Typ: BHS 100, Matrizengröße 1,1 mm) zerkleinert, anschließend mit einem Probenteiler (Fa. Retsch, Typ: PT 100) gleichmäßig auf 4 Proben aufgeteilt und diese mittels dynamischer Bildanalyse (Fa. Retsch, Camsizer P4) ^[3,4] auf die Länge sowie das Breiten-/Längenverhältnis (b/l, 0 = länglich, 1 = rund) der Partikel untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Die Mahlung ergab trotz der einheitlichen Matrizengröße von 1,1 mm ein breites Spektrum verschiedener Partikellängen (Abb. 1). Während die Verteilung der Fraktionen bei Sida (Abb. 1B) und Silphium (Abb. 1C) einer Normalverteilung ähnelte, wurde beim Gras (Abb. 1A) eine sehr heterogene Verteilung mit einem hohen Anteil von Fasern/Partikeln (36%) mit einer Länge zwischen 6 mm und 15 mm

festgestellt. Aufgrund des geringen Durchmessers der Grashalme ist es denkbar, dass dünne Halme mit dem Luftsoog in der Mühle direkt die Matrice passieren, ohne dass eine Zerkleinerung stattfindet. Es konnte zudem beobachtet werden, dass dieses Phänomen bei steigender Matrizengröße noch stärker ausgeprägt ist (Daten hier nicht gezeigt). Während eine 1,1 mm Matrice folglich für Silphium und Sida geeignet ist, erscheint für Gras eine Matrice mit geringerem Durchmesser und anschließender Siebung sinnvoll, um eine bessere Zerkleinerungsleistung und eine homogenere Größenfraktion zu erhalten. Die eigene Zielvorgabe eines möglichst großen Anteils von Partikeln mit einer Länge von 0,75 - 1,5 mm wurde mit 42% bei Silphium erreicht. Darauf folgt Sida mit 40% und Gras mit 18%. Diese Partikelgröße entspricht der Länge von Laubholzfasern^[5]. Unabhängig vom Rohstoff konnte in Abhängigkeit der Größenfraktionen ein ähnlicher Verlauf des Breiten- zu Längenverhältnisses mit einem lokalen Minimum im Fraktionsbereich 1-3 mm festgestellt werden. Die Fasern/Partikel weisen in diesem Bereich eine längliche Form auf (0,3). Mit einem Wert von 0,02 (*Populus tremula*) zeigen herkömmliche Laubholz Zellstoffe ein deutlich niedrigeres durchschnittliches Breiten-/Längenverhältnis auf^[5]. Gefördert wird das Projekt durch das Bioeconomy Science Center (BioSC) des Landes Nordrhein-Westfalen.

Literatur

- [1] VDP, 2018. Annual Report.
- [2] TFZ Bayern, 2015. TFZWissen – Bioenergie-Dauerkulturen, (3).
- [3] Retsch Technology GmbH. Whitepaper. Particle Characterization with Dynamic Image Analysis.
- [4] ISO 13322-2:2006. Particle size analysis - Image analysis methods - Part 2: Dynamic image analysis methods.
- [5] Patt, R., Kordsachia, O. & Fehr, J., 2005. European hardwoods versus *Eucalyptus globulus* as a raw material for pulping. *Wood Science and Technology*, 40(1), pp.39–48.

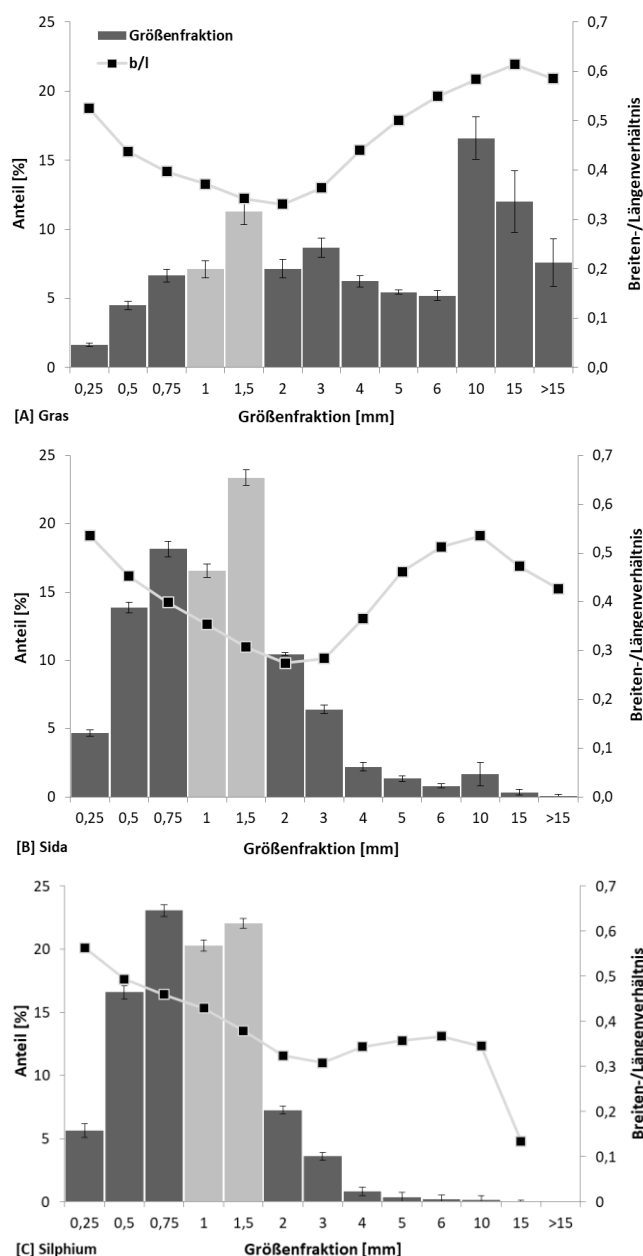


Abb. 1: Anteil unterschiedlicher Größenfraktionen [mm] sowie Breiten-/Längenverhältnis von Gras [A], Sida [B] und Silphium [C] nach der Mahlung mit einer Hammermühle unter Einsatz einer 1,1 mm Matrice.

Einfluss von Genotyp und Aufbereitung auf die Eigenschaften von Dämmmaterialien aus nachwachsenden Rohstoffen

Frederik Thiemann¹, Alica Hermanns¹, Georg Völkerling¹ und Ralf Pude^{1,2}

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

Einleitung

Nachwachsende Rohstoffe können in vielen Bereichen eingesetzt werden. Bei stofflicher Nutzung bieten sie ein breites Anwendungsspektrum mit zum Teil neuen oder verbesserten Eigenschaften gegenüber herkömmlichen Materialien. Hierzu muss der nachwachsende Rohstoff konstante Eigenschaften aufweisen, um etablierte Materialien ersetzen zu können.

Die jeweils eingesetzten nachwachsenden Rohstoffe beeinflussen die Eigenschaften der daraus erstellten Dämmstoffe maßgeblich, sei es als Dämmputz oder als Schüttdämmung. Daher ist es von besonderer Bedeutung, diese Rohstoffe genau auf ihre Eigenschaften hin zu untersuchen und Schwankungsbreiten in der Rohstoffqualität durch gezielte Bearbeitung und Genotypenauswahl zu minimieren.

Hierzu wurden die Rohstoffqualitäten verschiedener Genotypen von *Miscanthus*, *Topinambur* und *Silphie* verglichen. Dazu zählen die Eigenschaften nach Zerkleinerung und Aufbereitung, die Wärmeleiteigenschaften des aufbereiteten Materials und die Partikelformeigenschaften.

Material und Methoden

Die ausgewählten nachwachsenden Rohstoffe wurden mit zwei unterschiedlichen Mühlen, Hammermühle (BHS 100) und Kollermühle (Kahl 33390), zerkleinert und anschließend mit einer Schwingsiebmaschine (S&F, ASM-100) auf eine einheitliche Größe von 1-2 mm gesiebt. Die Wärmeleitfähigkeit der Schüttungen wurde nach EN 12667 mit dem Wärmeleitfähigkeitsmessgerät EP500e erstellt. Die Partikelform wurden mittels Dynamischer Bildanalyse (Retsch Technology, Camsizer P4) bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Wärmeleitfähigkeit

Es zeigt sich, dass vor allem die Auswahl der Zerkleinerungsform einen Einfluss auf die Wärmeleitfähigkeit des Materials hat. Im Schnitt liegt die Wärmeleitfähigkeit (Lambda-Wert) bei Verwendung der Hammermühle bei 43 mW/mK, bei der Kollermühle sind es 50 mW/mK. Bei Betrachtung der einzelnen Genotypen bei Zerkleinerung mit der Hammermühle zeigt sich, dass bis auf *Miscanthus x giganteus* 17 und *Miscanthus Robustus* 24, die beide geringere Werte ausweisen als die anderen Genotypen, sich die Werte nicht grundlegend unterscheiden. Bei der Kollermühle ergeben sich hingegen größere Schwankungsbreiten in den Messwerten (siehe Tab. 1). Zu erkennen ist auch, dass niedrige Wärmeleitfähigkeiten immer mit einer geringen Dichte der Schüttung einhergehen. Gesucht sind also Materialien, die eine hohe Stabilität und eine geringe Dichte vereinen.

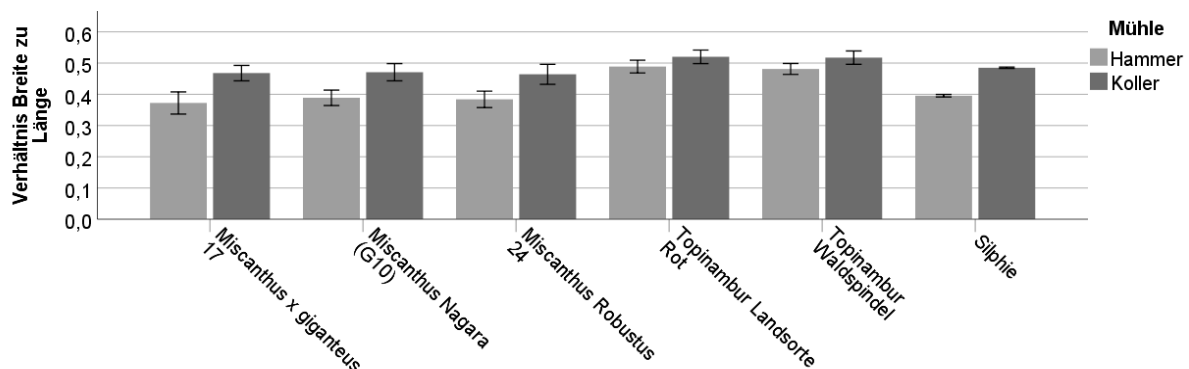
Tab. 1: Wärmeleitfähigkeit und Dichte der verwendeten Nachwachsenden Rohstoffe

		Hamtermühle		Kollermühle	
		Lambda [mW/mK]	Dichte [kg/m ³]	Lambda [mW/mK]	Dichte [kg/m ³]
Miscanthus	giganteus 17	41	107	47	200
	Nagara (G10)	44	127	47	198
	Robustus 24	41	113	45	188
Topinmabur	Landsorte Rot	45	120	52	238
	Waldspindel	45	113	51	233
Silphie		44	124	56	257

Partikelformeigenschaften

Ein weiterer wichtiger Punkt bei der Verarbeitung von Nachwachsenden Rohstoffen ist die Zerkleinerung der Materialien. Teilweise tendieren pflanzliche Materialien besonders in Längsrichtung aufzubrechen, was lange und schmale Partikel erzeugt. Diese eignen sich nur eingeschränkt als Dämmmaterial, weil die Förderbarkeit hierdurch schlechter wird. Um dies beurteilen zu können, wurde das Verhältnis von Partikellänge zu Partikelbreite mittels Dynamischer Bildanalyse bestimmt.

Bei der Betrachtung dieses Verhältnisses erkennt man, dass es keine Unterschiede zwischen den Miscanthusgenotypen gibt, jedoch zwischen den Zerkleinerungsformen. Das Verhältnis von Breite zu Länge ist bei der Zerkleinerung mit der Kollermühle deutlich höher und damit vorteilhafter als mit der Hamtermühle. Somit stellt die Kollermühle in Bezug auf die Partikelform bei Miscanthus die bessere Zerkleinerungsmöglichkeit dar. Bei den Topinamburgenotypen zeigt sich, dass das B/L-Verhältnis bei beiden Mühlen höher ist als im Vergleich zu Miscanthus. Der Vorteil der Kollermühle gegenüber der Hamtermühle ist auch hier vorhanden, aber nicht so deutlich wie bei Miscanthus. Die Werte der Silphie liegen bei diesem Formfaktor nahe an denen von Miscanthus.

**Abb. 1:** Verhältnis von Partikelbreite zu Partikellänge der verwendeten Nachwachsenden Rohstoffe

Als Fazit ist festzuhalten, dass die getesteten Pflanzen sich hinsichtlich ihrer Messwerte zwar unterscheiden, jedoch hat der einzelne Genotyp, besonders bei Miscanthus, teilweise einen deutlichen Einfluss, beispielsweise bei der Wärmeleitfähigkeit.

Dieses Vorhaben wurde aus Mitteln des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert.

Entwicklung eines Anbausystems für Saflorblütenfäden zur Farbstoffgewinnung

Kathrin Steberl, Julia Kraus, Annegret Pflugfelder, Wilhelm Claupein
und Simone Graeff-Hönninger

¹Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Universität Hohenheim, Stuttgart. E-Mail: Kathrin.Steberl@uni-hohenheim.de

Einleitung

Saflor (*Carthamus tinctorius* L.) ist eine der ältesten Kulturpflanzen aus dem Nahen Osten. In mehr als 15 Ländern wird Saflor zur Speiseölgewinnung angebaut. In Deutschland gibt es derzeit keine offiziell ausgewiesenen Anbauflächen, obwohl verschiedene Untersuchungen darauf hindeuten, dass es auch für den Anbau in Deutschland geeignete Genotypen gibt (Reinbrecht et al., 2005).

Ursprünglich wurde Saflor kultiviert, um mit den Blütenfäden Lebensmittel und Kleidung zu färben. Für die Farbstoffgewinnung wird Saflor bisher lediglich in Asien und vereinzelt in der Türkei angebaut. Probleme mit den Blütenlieferungen aus Asien (Qualitätsprobleme, Pflanzenschutzmittelrückstände und Lieferungsschwierigkeiten), die inzwischen hohe Nachfrage nach natürlichen Farbstoffen der Lebensmittel- und Farbstoffindustrie und geeignete Genotypen für den Anbau in Deutschland, machen einen regionalen Anbau von Saflor zur Gewinnung von Farbstoff zu einer interessanten Alternative. Bisherige Anbauverfahren für Saflor in Deutschland eignen sich für die Gewinnung von Speiseöl, sind jedoch weder für die Produktion von Blütenfäden noch für die Maximierung des Farbertrages pro Hektar ausgelegt.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48° 27' 36" N, 8° 33' 36" O, 460 - 520 m NHN) wurde 2016 untersucht, welches die passende Anbaumethode ist, um sowohl hohe Blütenfädenerträge, hohe Farbstoffgehalte als auch hohe Farberträge pro Hektar zu erzielen. Der Feldversuch wurde als vollständig randomisierte Blockanlage angelegt. In diesem Versuch mit drei Wiederholungen wurden zwei Saflorsorten (Goldschopf (S1) und Thornless Safflower (S2)) in zwei Reihenabständen (12 cm (R1) und 33 cm (R2)) angebaut.

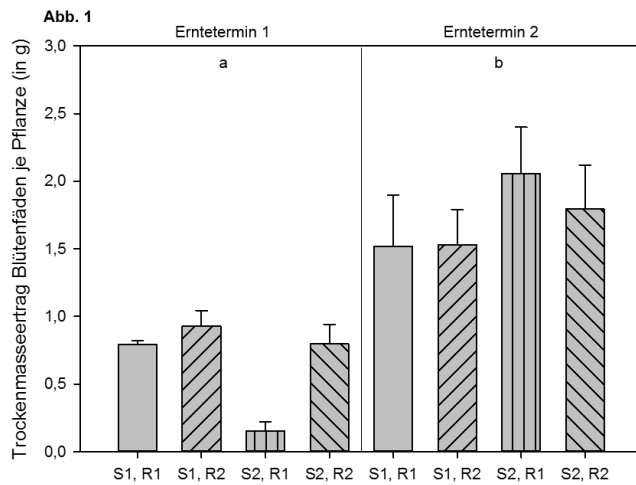
An zwei Ernteterminen (16.08.2016 und 26.08.2016) wurden die Blütenfädenerträge, die Farbstoffgehalte und die Farberträge pro Pflanze ermittelt. Den geernteten Blütenköpfchen wurden die Blütenfäden entnommen, gewogen und bei 40 °C im Trockenschrank bis zur Gewichtskonstanz getrocknet.

Nach der Trocknung der Blütenfäden wurde mithilfe einer Methode der FAO (1998) die Farbextraktion aus den Blütenfäden durchgeführt und so der Farbstoffgehalt bestimmt. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer dreifaktoriellen Varianzanalyse.

Ergebnisse und Diskussion

Der zweite Erntetermin hatte sowohl auf die Trockenmasseerträge der Blütenfäden (durchschnittliche Steigerung um 90%) als auch auf die Farberträge je Pflanze (durchschnittliche Steigerung um 70%) einen positiven Effekt (Abb. 1 und 2). Signifikante Unterschiede zeigten sich jedoch nur zwischen den Ernteterminen. Die Trockenmasseerträge der Blütenfäden und die Farberträge unterschieden sich weder zwischen den Sorten noch den Reihenweiten signifikant (Abb. 1 und 2).

Daher sollten in diesem Zusammenhang noch weitere Faktoren, wie zum Beispiel unterschiedliche Bestandesdichten untersucht werden, um zu sehen, ob sich die Trockenmasseerträge der Blütenfäden und der Farbertrag je Pflanze signifikant unterscheiden werden.



Tab. 1: Farbstoffgehalt (Carthamidin) der Blütenfäden (in %) der Sorten Goldschopf (S1) und Thornless Safflower (S2) in den Reihenweiten 12 und 33 cm (R1 und R2) an den Ernteterminen 1 und 2 (16.08.2016 und 26.08.2016). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten an ($\alpha = 0,05$). Signifikante Unterschiede zwischen den Ernteterminen sind mit unterschiedlichen Großbuchstaben gekennzeichnet; signifikante Unterschiede zwischen den Sorten sind mit unterschiedlichen Kleinbuchstaben

	Erntetermin 1 ^A	Erntetermin 2 ^B
S1, R1	6,77 ± 0,14 ^a	6,76 ± 0,12 ^a
S1, R2	7,26 ± 0,15 ^a	6,39 ± 0,24 ^a
S2, R1	6,75 ± 0,17 ^b	5,43 ± 0,11 ^b
S2, R2	5,86 ± 0,38 ^b	4,93 ± 0,44 ^b

gekennzeichnet.

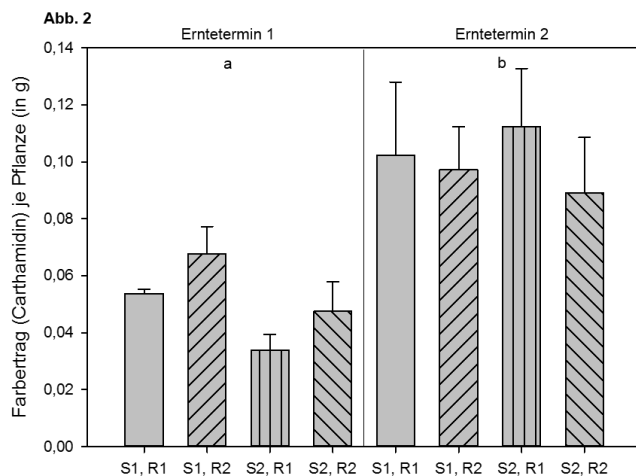


Abb. 1 und 2: Trockenmasseertrag und Farbertrag (Carthamidin) der Blütenfäden je Pflanze der Sorten Goldschopf (S1) und Thornless Safflower (S2) in den Reihenweiten 12 und 33 cm (R1 und R2) an den Ernteterminen 1 und 2 (16.08.2016 und 26.08.2016). Unterschiedliche Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten an ($\alpha = 0,05$). Signifikante Unterschiede gab es lediglich zwischen den Ernteterminen.

Die Sorte Thornless Safflower mit dem Reihenabstand 12 cm (S2, R1) erzielte am ersten Erntetermin sowohl bei den Trockenmasseerträgen der Blütenfäden als auch bei den Farberträgen je Pflanze die geringsten (0,15 und 0,03 g), am zweiten Erntetermin jedoch die höchsten Werte (2,06 und 0,11 g) (Abb 1 und 2). Um die Gründe dafür nachvollziehen zu können, sollten weitere Faktoren (mehr Erntetermine während der Blüte, verschiedene Bestandesdichten) betrachtet werden.

Die Farbstoffgehalte der Sorte Goldschopf lagen signifikant höher als die der Sorte Thornless Safflower (Tab. 1). Des Weiteren zeigte sich, wie in der Literatur beschrieben, dass der Carthamidingehalt zu einem späteren Erntetermin signifikant hin abfällt (Tab. 1) (Mohammadi, Tavakoli, 2014).

Literatur

- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)(1998): Carthamus yellow Mohammadi, M., Tavakoli, A. (2014): Effect of harvest time of spring safflower (*Carthamus tinctorius* L.) florets on the production of red and yellow pigments. Quality Assurance and Safety of Crops & Foods.
- Reinbrecht, C. et al. (2005): Screening of a World Wide Safflower Collection for Adaptation to Humid Temperate Climates and Cultivation in Organic Farming. VIth International Safflower Conference

Transformation trockenstressgefährdeter Ackerbausysteme zu Agroforstsystemen – Erste Erfahrungen und Perspektiven

B. Freyer¹, J.K. Friedel¹, G. Gollner¹ und A. Surböck²

¹Institut für Ökologischen Landbau/Universität für Bodenkultur, Wien; ²Forschungsinstitut für biologischen Landbau, Wien. E-Mail: bernhard.freyer@boku.ac.at

Einleitung

Anhaltende Trockenperioden und Trockenstress beeinträchtigen zunehmend das Pflanzenwachstum, insbesondere in Regionen mit begrenzten Niederschlägen unter ca. 600 mm. Geringe Humusgehalte, die nur eine geringe Wasserhaltekapazität zulassen und Winde, die dazu führen, dass geringe Niederschlagsmengen von ca. < 20 mm nicht oder nur gering wirksam werden, fragen nach grundlegenden Anpassungsstrategien der Landnutzungssysteme. In diesem Beitrag berichten wir einerseits, wie sich Hecken auf den Ertrag der angrenzenden Kulturen auswirken, und andererseits die Konsequenzen für die Neuausrichtung des gesamten Anbausystems. Darüber hinaus wird auf zwei weitere Faktoren - organische Düngungssysteme und Bodenbearbeitung – eingegangen, die maßgeblich auf den Wasserhaushalt und die Ertragsbildung der Kulturpflanzen wirken können.

Material und Methoden

Langzeitversuch viehloser Ackerbau im Marchfeld in Niederösterreich: Boden- und Klimadaten: tiefgründiger Tschernosem; lehmiger Schluff bis Lehm; 10,2 °C; 520 mm a⁻¹; pH 7,6; C_{org}-Gehalt: 1,9 %; 143 ha arrondierter viehloser Ackerbaubetrieb; Umstellung auf die biologische Bewirtschaftung im Jahr 2002 (Friedel et al., 2018); 8-feldrige Fruchtfolge mit 37,5 % legumem / nicht legumem Zwischenfruchtanbau: Luzerne-Luzerne-Winterweizen-ZF-Körnermais-Sommergerste-ZF-Körnererbse-ZF-Winterweizen-Winterroggen; ca. 6 km Hecken und Baumreihen, 3,6% Nützlinge fördernde Streifen.

Faktor Gehölzstrukturen: Transekt auf der Leeseite einer 8 m hohen Hecke; Messung der Ertragswirkung in verschiedenen Abständen zur Hecke.

Faktor organische Düngungssysteme im Parzellenversuch: (1) viehlos; (2) viehlos + Zufuhr von Biokompost in Orientierung an den P-Entzug der Feldfrüchte; (3) Simulation Tierhaltung 0,5 GVE/ha: Luzerne + Stroh Entzug und Rezirkulation Stallmist äquivalent (siehe <http://mubil.boku.ac.at>).

Faktor Bodenbearbeitung in Streifenanlage: Minimierung der Intensität der Grundbodenbearbeitung durch Umstieg von Pflug auf Flügelschar-Grubber und Reduktion der Bodenbearbeitungstiefe seit 2016.

Ergebnisse und Diskussion

Faktor Gehölzstrukturen: Positive Ertragswirkung der Hecke bei den Kulturen Luzerne, Winterweizen und Sonnenblumen, kein Effekt bei Winterroggen; der ertragssteigernde Effekt wurde bis ca. 35 m bei Winterweizen und bis 80 m Abstand von der Hecke bei Luzerne und Sonnenblumen festgestellt (Tab. 1).

Tab. 1: Wirkung einer Hecke auf die Ertragsentwicklung unterschiedlicher Kulturen

Jahr	2004	2005	2006	2007	2009
Kultur	Luzerne	Winterweizen	Sonnenblumen	Winterroggen	Winterroggen
Mittl. Ertrag mit Hecke (dt ha ⁻¹)	83,3	27,9	42,8	37,3	39,0
Mittl. Ertrag ohne Hecke (dt ha ⁻¹)	76,8	26,4	35,1	37,3	39,0
Ertragssteigerung (%)	8,5	5,4	21,9	0	0

Faktor organische Düngung: Bei gegebenen Standortbedingungen und einer Fruchtfolge mit hohem Kohlenstoff- und Stickstoffinput über die Leguminosen sind angemessene Erträge und Qualitäten mit allen Düngungssystemen möglich. D.h., dass die Differenz der Erträge zwischen Bio und Konv nicht, wie im generellen Trend in Österreich zu- sondern eher abnimmt. Im Vergleich der organischen Düngungssysteme (Auswertung über die Jahre 2009 bis 2015) lag der Gesamtertrag der Marktfrüchte bei der Stallmistdüngung mit 1 % (nicht signifikant) und in der Biokompostdüngung mit 3 % (signifikant, $P < 0,05$) über dem Ertrag der viehlosen Bewirtschaftung (Düngungssystem 1). In allen Varianten gewährleisteten die Fruchtfolge und ergänzende Düngungssysteme eine positive Entwicklung der Humusgehalte.

Faktor Bodenbearbeitung: Nach zwei Jahren unterschiedlicher Grundbodenbearbeitung konnten keine Ertragsunterschiede festgestellt werden. Auch die Bodeneigenschaften zeigen nur geringfügige Unterschiede. Die Variante Flügelschargrubber führte im Oberboden zu tendenziell erhöhter Pilz-Biomasse und verfügbaren Nährstoffgehalten, und einer bodenstrukturbedingten höheren Wasserinfiltration. Die Fortführung einer reduzierten Bodenbearbeitung lässt eine Zunahme der Bodenwassergehalte erwarten. Inwieweit diese ertragswirksam werden, hängt auch von der Entwicklung der Beikräuter ab.

Fazit

Mit den Faktoren Gehölzstrukturen, Organische Düngung inkl. Fruchtfolge und Modifizierung der Bodenbearbeitung sind abgesehen von Sorteneigenschaften, die drei wesentlichen Stellschrauben einer Optimierung der Wasserversorgung im Ackerbaubetrieb in das Betriebs- / Versuchsdesign integriert. Offen ist, wie sich diese Faktoren und die für die Zukunft geplante Erweiterung mit Gehölzstreifen im Abstand von ca. 100-150m auf den Wasserhaushalt des Gesamtbetriebes und die Erträge langfristig auswirken.

Literatur

Friedel, J.K., Surböck, A., Gollner, G., Heinzinger, M., Schweinzer, A., Freyer, B. (2018): Long-term monitoring of a conversion to organic farming – the MUBIL project. Presentation at the 2nd International GRAB-IT workshop 2018 'Organic farming and agro-ecology as a response to global challenges'. June 27 to 29, 2018. Capri (NA), Italy.

Ergänzende Literatur kann bei den AutorInnen angefragt werden.

Die finanzielle Förderung des Langzeitversuches erfolgt über die Österreichischen Bundesministerien, die Bundesländer sowie die Europäische Union.

Die Erfolgsgeschichte des Linsenanbaus in Südwestdeutschland – erste pflanzenbauliche Blicke hinter die Kulissen

Sabine Gruber¹, Ann-Marleen Rieps¹, Veronica Schmidt-Cotta¹ und Sabine Zikeli²

¹Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften 340a, 70599 Stuttgart; ²Universität Hohenheim, Zentrum Ökologischer Landbau, 70599 Stuttgart.
E-Mail: Sabine.Gruber@uni-hohenheim.de

Einleitung

Der Linsenanbau hat speziell in Südwestdeutschland in den letzten zehn Jahren eine sehr lebhaftere Renaissance erfahren und sich fest in der dortigen Agrarlandschaft etabliert. Was hat zu dieser Erfolgsgeschichte geführt, und wie kann sie verstetigt und sogar auf andere Teile Deutschlands und Europas ausgedehnt werden? Dieser Frage wird im Rahmen einer Fallstudie im EU-Horizon 2020-Projekt „TRUE“ (*TR*ansition paths to *sU*stainable legume based systems in *E*urope; TRUE 2018) nachgegangen.

Das gemäßigte Klima in Deutschland stellt den Linsenanbau vor einige Herausforderungen: (i) die Pflanzen lagern im Reinanbau und benötigen daher eine Stützfrucht; (ii) aufgrund ungleichmäßiger Abreife liegen im Erntegut sehr hohe Feuchtegehalte vor; (iii) es muss eine sorgfältige Reinigung der Linsen vom Gemengepartner erfolgen; (iv) die Bestände sind konkurrenzschwach; (v) die Erträge sind niedrig und instabil und liegen in der Praxis zwischen 0.4 bis 0.6 t ha⁻¹. Dem gegenüber stehen folgende Vorteile: (i) symbiontische N-Fixierung; (ii) Erhöhung der Biodiversität durch den Gemengeanbau; (iii) vermehrte Biodiversität in der Wildfauna und -flora in den heterogen strukturierten Linsenbeständen; (iv) Förderung der regionalen Produktion; (v) Erhalt einer traditionellen Kulturpflanze; (vi) hohe Erlöse.

Ziel der hier vorgestellten Fallstudie ist, relevante pflanzenbauliche Kenngrößen zu erfassen, zu bündeln und abzubilden, um den Linsenanbau weiter zu optimieren und den Misanbau von Linsen weiter zu fördern. Die Ergebnisse sollen in die Teilprojekte der europäischen Projektpartner einfließen.

Material und Methoden

Im Herbst 2017 wurden auf landwirtschaftlichen Betrieben in Baden-Württemberg, die ökologisch oder konventionell Linsen anbauen, Interviews (Fragebogen-basiert) durchgeführt, um Daten zum Anbau zu erheben. Die Fragen waren in erster Linie pflanzenbaulich ausgerichtet, zielten aber auch auf übergeordnete Größen wie die Motivation und mögliche Schwierigkeiten beim Anbau und Fragen zur Betriebsstruktur. Insgesamt wurden neben dem aktuellen Erntejahr Daten aus bis zu zwei Vorjahren zu pflanzenbaulich relevanten Faktoren (z.B. Bodenart, Bodenbearbeitung, Unkrautkontrolle, Leitunkräuter etc.) erhoben. Die hier zunächst vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf die aktuelle Fruchtfolgen, Stützfrüchte und Erträge; weitere Jahre und Daten sind in der Auswertung.

Ergebnisse und Diskussion

Von den insgesamt 104 kontaktierten Betrieben wurden nach positiver Rückmeldung durch den Betriebsleiter auf 26 Betrieben per Fragebogen Daten erhoben. 22 der teilnehmenden Betriebe wirtschaften ökologisch. Aus dieser Stichprobe wurden 11 „typische“ Betriebe ausgewählt, auf denen zusätzlich Leitfaden-gestützte Interviews durchgeführt wurden (hier nicht dargestellt). Die meisten ökologischen Betriebe

waren Mitglied einer Erzeugergemeinschaft mit gemeinsamer Aufbereitung und Vermarktung der Linsen. Bei den ökologischen Betrieben hatten 70 % eine sechsgliedrige Fruchtfolge, und jeweils 15 % eine fünf- bzw. siebengliedrige. Vertreten waren Wintergetreide (Dinkel, Winterweizen, Winterroggen, Triticale, Emmer), Sommergetreide (Hafer, (Brau-)Gerste), Kartoffeln, Erbsen sowie mehrjährige Futterleguminosen bzw. Klee gras. Die konventionellen Betriebe hatten vier- bzw. fünfgliedrige Fruchtfolgen mit Winterweizen, Winterroggen, Mais, Sommergerste, Hafer und Luzerne (in betrieblich jeweils wechselnden Kombinationen). Die Linsen standen hier nach Mais oder Sommergerste (Abb. 1). Bei den ökologischen Betrieben war Dinkel die häufigste Vorfrucht, gefolgt von Winterweizen.

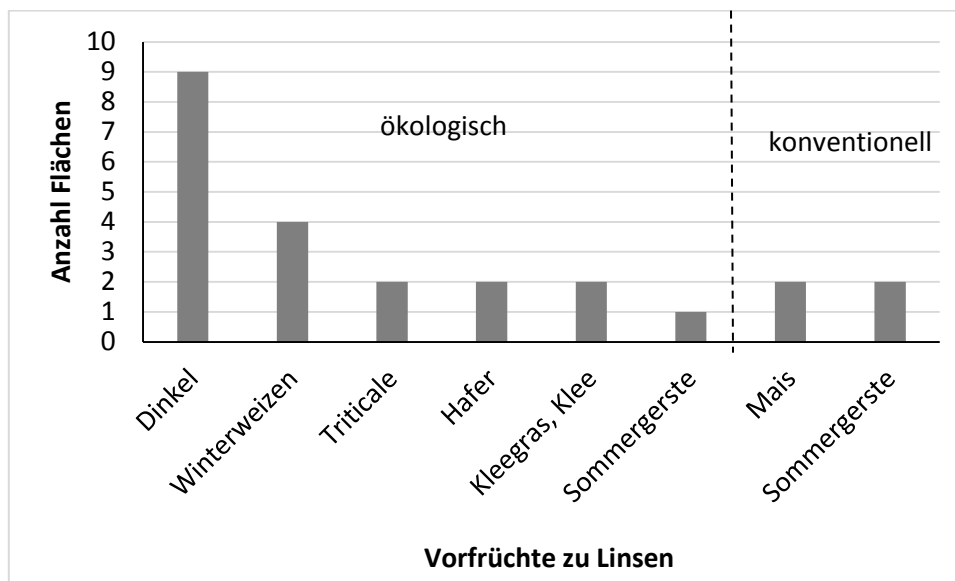


Abb. 1. Vorfrüchte zu Linsen in 22 ökologischen und vier konventionellen Betrieben in Südwestdeutschland im Jahr 2017.

Alle Betriebe bauten Linsen ausschließlich im Gemenge mit einer Stützfrucht an. Die ökologischen Betriebe nutzten zu 50 % Hafer (vorwiegend Zwerghafer) als Stützfrucht, und weiterhin Sommergerste (auch Braugerste), Leindotter (*Camelina sativa*) und Dinkel. Die vier konventionellen Betriebe verwendeten Leindotter (2), Hafer (1) und Sommergerste (1) als Stützfrüchte. Während die meisten als Stützfrucht verwendeten Kulturen auch als Reinsaat in den Fruchtfolgen auftraten, wurde Leindotter nur im Gemenge mit Linsen angebaut. Bei der Auswahl der Stützfrüchte scheinen eine gute Stützwirkung und eine einfache Reinigung des Ernteguts eine wesentliche Rolle zu spielen. Ökonomisch muss jedoch auch der Ertrag und Erlös der Stützfrucht berücksichtigt werden. Der Ertrag der gereinigten und getrockneten Linsen belief sich auf den 22 ökologischen Betrieben auf im Mittel $0,67 \text{ t ha}^{-1}$ und auf $0,74 \text{ t ha}^{-1}$ auf den vier konventionellen Betrieben. Die Vergleichbarkeit ist u.a. wegen unterschiedlicher Mischungsverhältnisse im Gemenge schwierig. Die weiteren Analysen sollen zeigen, ob bestimmte betriebliche Maßnahmen zu höheren Linsenerträgen führen.

Literatur

TRUE (2018): TRAnsition paths to sUustainable legume based systems in Europe. <https://www.true-project.eu/>, Seite zuletzt besucht Juli 2018

Einfluss des Saatverfahrens auf Ertrag, Qualität und agronomische Eigenschaften konventionell angebaute Sojabohnen verschiedener Reifegruppen (*Glycine max* L. Merrill)

Olena Sobko¹, Christoph Röhl², Sabine Zikeli³, Sabine Gruber⁴ und Wilhelm Claupein⁴

¹Saaten Union GmbH Versuchsstation Moosburg, Grünseiboldsdorf 6, D-85368 Moosburg.
Email: olena.sobko@saaten-union.de

²Hochschule Weihenstephan-Triesdorf, Fakultät für nachhaltige Agrar- und Energiesysteme

³Universität Hohenheim, Zentrum Ökologischer Landbau, Fruwirthstrasse 14, 70599 Stuttgart

⁴Universität Hohenheim, Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Fachgebiet Allgemeiner Pflanzenbau, Fruwirthstrasse 23, D-70599 Stuttgart

Einleitung

Als subtropische Pflanze mit hohen Temperaturansprüchen wurde Soja (*Glycine max* L. Merrill) in Deutschland nicht traditionell angebaut. Für diese in Deutschland vergleichsweise neue Kultur fehlen daher immer noch ausgereifte und bewährte Anbausysteme, um gleichbleibend hohe Erträge und hohe Qualität zu erreichen (Hahn und Miedaner, 2013). Für die Etablierung solcher Anbausysteme sind die Aussaatverfahren von besonderer Bedeutung. Der Sojaanbau wird derzeit sowohl in Drillsaat als auch in Einzelkornsaat praktiziert. Die Einzelkornsaat ermöglicht eine exakte Ablage des Saatguts mit allen damit verbundenen Vorteilen. Die Drillsaat wäre dagegen grundsätzlich einfacher anzuwenden. Mit dieser laufenden Studie sollte die Frage untersucht werden, wie das Saatverfahren den Kornertrag, die Ertragsstruktur und die Qualität bei verschiedenen Sorten beeinflusst.

Material und Methoden

In einem zweifaktoriellen Feldversuch auf zwei Standorten in Bayern wurden im Jahr 2017 vier Sojasorten (Viola 000, Lissabon 000; ES Mentor 00, Orion 00) mit zwei verschiedenen Saatverfahren (Drillsaat und Einzelkornsaat) angebaut. Der erste Standort – Grünseiboldsdorf (GSD) – liegt nördlich von München (440 m ü. NN; Ø 814 mm; Ø 7,7°C; Lösslehm). Der zweite Standort – Ergolding (LA) – befindet sich südlich von Landshut (390 m ü. NN; Ø 834 mm; Ø 8,5°C; Anmoor). Der Versuch wurde als zweifaktorielle Spaltanlage mit vier Wiederholungen angelegt. Die Drillsaatprüfparzellen wurden mit der mechanischen Parzellensämaschine „Inotec“ und einem Reihenabstand von 14 cm angelegt, die Einzelkornsaat erfolgte mit einer pneumatischen Parzellensämaschine „HEGE 95B“ mit einem Reihenabstand von 28 cm. Für die Inokulation wurde Rizoliq Top S verwendet, ein flüssig formuliertes Impfmittel mit Klebstoff. Die Aussaatstärke war bei beiden Aussaatverfahren gleich und betrug 65 keimfähige Körner m⁻². Die Aussaat erfolgte am 24. April in LA und am 6. Mai in GSD. Die Versuchspartellen wurden am 26. September und 5. Oktober in GSD und am 29. September in LA beerntet. Dabei wurden Kornertrag, Proteingehalt, TKM, Höhe des ersten Hülsenansatzes, Anzahl der Seitentriebe und Anzahl der Hülsen pro Pflanze ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse des F-Testes sind in der Tabelle 1 dargestellt. Es traten keine Wechselwirkungen auf. Das Saatverfahren wirkte sich nicht signifikant auf den Kornertrag aus, aber es gab signifikante Unterschiede zwischen den Sorten. Bei den späteren Sorten ES Mentor und Orion wurden knapp 52,5 dt ha⁻¹ und bei den früheren Sorten Viola und Lissabon nur 46,2 und 47,2 dt ha⁻¹ geerntet (nicht dargestellt).

Tab. 1. Signifikante Unterschiede zwischen den Prüffaktoren und ihre Wechselwirkung

	p Wert						
	Ertrag	Protein- gehalt	Ölge- halt	TKM,	Unterster Hülsen- ansatz	Anzahl der Seiten- triebe	Lager
Saatverfahren	0,071	0,002	0,002	0,005	0,032	<0,001	0,184
Sorte	0,015	0,013	0,017	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Saatverfahren x Sorte	0,278	0,202	0,316	0,192	0,081	0,066	0,862

Über alle Sorten war der Rohroteingehalt bei Drillsaat signifikant um 1,8 % (TS) höher als bei Einzelkornsaat, und der Ölgehalt war in Drillsaat um 0,8 % (TS) niedriger (Tab. 2). Die höchste TKM von 218 g (gemittelt über alle Sorten) wurde bei gedrillten Sojabohnen erreicht.

Tab. 2. Qualität von Sojasamen in Abhängigkeit vom Saatverfahren (Drillsaat, Einzelkornsaat); Feldversuch 2017 im Mittel zweier Standorte und vier Sorten (Viola, Lissabon, ES Mentor und Orion). Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede für $p \leq 0,05$

	Drillsaat	Einzelkornsaat
Proteingehalt, %TS	41,6 ^a	39,8 ^b
Ölgehalt, %TS	19,0 ^b	19,7 ^a
TKM, g	217,9 ^a	206,5 ^b

Tab. 3. Unterster Hülsenansatz, Anzahl der Seitentriebe und Lager bei zwei Saatverfahren (Mittelwert über vier Sorten) und Sorten (Mittelwert über zwei Saatverfahren), Feldversuch 2017 an den Standorten Grünseiboldsdorf und Landshut; Buchstaben kennzeichnen signifikante Mittelwertunterschiede bei $p \leq 0,05$

	Unterster Hülsenansatz, cm	Anzahl der Seitentriebe	Lager, Note BSA
<i>Saatverfahren</i>			
Drillsaat	12,2 ^a	0,78 ^b	2,16
Einzelkornsaat	11,3 ^b	1,56 ^a	1,78
<i>Sorte</i>			
Viola (000)	10,6 ^b	2,00 ^a	1,75 ^b
Lissabon (000)	10,9 ^b	1,75 ^a	1,06 ^b
ES Mentor (00)	11,0 ^b	0,44 ^b	1,00 ^b
Orion (00)	14,3 ^a	0,05 ^b	4,06 ^a

Der Ansatz der untersten Hülsen über alle Sorten lag bei Einzelkornsaat mit 11,3 cm, signifikant tiefer als bei der Drillsaat (Tab. 3). Dies kann bei der mechanischen Beerntung des Bestandes zu höheren Ernteverlusten führen. Die Anzahl der Seitentriebe betrug bei Einzelkornsaat fast das Doppelte der Drillsaat. Durch das Saatverfahren kam es zu keinen Unterschieden in der Lagerneigung der Bestände, doch traten signifikante Sortenunterschiede auf. Um stabile Sojaerträge mit hoher Körnerqualität zu erzeugen, sollte die Drillsaat bevorzugt werden. Allerdings beruht diese Erkenntnis lediglich auf einjährigen Versuchsergebnissen, so dass der Versuch mehrjährig fortgeführt wird, um die Resultate zu verifizieren.

Literatur

Hahn, V. und Miedaner, T. (2013): Sojaanbau in der EU: Lohnender Anbau ohne GVO. DLG-Verlag, Frankfurt am Main.

Neue versus alte Düngeverordnung im Qualitätsweizenanbau: Wie stark ändert sich der Proteingehalt wirklich?

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 als auch der Erntemenge die wichtigste Getreideart (BMEL 2017). Viele Studien und Versuche belegen, dass der Proteingehalt in praxisüblichen Bereichen durch eine höhere Stickstoff (N)-Applikation gesteigert wird (Fuertes-Mendizábal et al. 2010, Wieser & Seilmeier 1998). Aufgrund der im Jahr 2017 novellierten Düngeverordnung (DüVO) existieren jedoch veränderte Rahmenbedingungen für die Qualitätsweizenproduktion, insbesondere durch die vorgegebenen Höchstmengen an N-Dünger in Abhängigkeit von der Ertragserwartung mit dem Ziel, die N-Bilanzüberschüsse zu reduzieren. Bedingt durch diese Vorgaben wird eine Reduktion der zurzeit für die Qualitätsbewertung genutzten Proteingehalte befürchtet.

Material und Methoden

Um dies fachlich zu bewerten, wurde ein dreijähriger Feldversuch in den Jahren 2015-2017 an den Standorten Braunschweig (schluffiger Ton, Ø 8,8 °C/621 mm) und Bernburg (schluffiger Lehm, Ø 9,0 °C/490 mm) mit zwölf Sorten (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 daraufhin ausgewertet. Die Auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware R (The R Core Team 2017). Dabei wurde der Zusammenhang zwischen N-Düngung und Proteingehalt modelliert und über einen AIC-Vergleich eine Modellsélection durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Am Standort Bernburg (>90 Bodenpunkte) ergaben sich mit N-Gaben nach alter und neuer DüVO keine Unterschiede bei A-Weizen, während bei E-Weizen eine Zunahme der Proteingehalte um bis zu 0,7 % ermittelt wurde, da laut novellierter DüVO 30 kg N ha⁻¹ mehr gedüngt werden darf als bei A- und B-Weizen (Tab. 1). Am ertragsschwächeren Standort Braunschweig (60 Bodenpunkte) wurde ein leichter Rückgang der Proteingehalte von -0,3 % für A-Weizen und sehr geringe Änderungen der Proteingehalte für E-Weizen ermittelt.

Aus den Ergebnissen lässt sich ableiten, dass (1) die erforderlichen Proteingehalte auf guten Böden auch in Zukunft erzielt werden können, (2) auf leichteren Böden mit reduzierten Proteingehalten gerechnet werden muss und (3) E-Weizen auf guten Böden nach Novellierung der DüVO sogar höhere Proteingehalte erreichen kann.

Ob sich diese Ergebnisse auch in den kommenden Jahren allgemein auf die landwirtschaftliche Praxis anwenden lassen, bleibt abzuwarten. Da auf guten Böden keine Reduktion der Proteingehalte zu erwarten ist, wird sich das Düngeregime nach der Novellierung der DüVO an entsprechenden Standorten jedoch nicht bedeutend verändern. Auf ertragsschwächeren Standorten (<70 dt ha⁻¹) sollte die Anbauwürdigkeit von Qualitäts- bzw. Backweizen ggf. hinterfragt werden, da mit

sinkender Ertragserwartung aufgrund geringerer N-Düngung eine verstärkte Reduktion der Proteingehalte zu erwarten ist und dies mit den Zielen der neuen DüVO, die eine standortgerechte Bewirtschaftung der Böden vorsieht, nicht übereinstimmt.

Dass aufgrund höherer Proteingehalte auf guten Böden der Anbau von E-Weizen zunehmen wird, erscheint unwahrscheinlich, da im Handel monetäre Aufschläge für E-Weizen in der Regel nicht die Ertragsstärke von A- und B-Weizen kompensieren können.

Tab. 1: Proteingehalt von Weizensorten verschiedener Qualitätsgruppen nach neuer und alter Düngeverordnung Abhängigkeit von der N-Düngung.

Jahr	QG	Ort	Ertrags- erwartung	Vor- frucht	Bedarf (inkl. N _{min}) nach Düngeverordnung (kg N ha ⁻¹)		Proteingehalt (%)		Differenz (Neu-Alt)
					Neu	Alt	Neu	Alt	
2015	A	Bernburg	100	Raps	240	230	13,5	13,4	0,1
2016	A		100		240	230	12,3	12,0	0,3
2017	A		100		240	230	13,4	13,2	0,2
2015	B		100		240	230	12,8	12,7	0,1
2016	B		100		240	230	11,8	11,6	0,2
2017	B		100		240	230	13,0	12,8	0,2
2015	E		90		260	230	13,6	13,0	0,6
2016	E		90		260	230	13,2	12,5	0,7
2017	E		90		260	230	14,2	13,5	0,7
2015	A	Sickte	80	Raps	220	230	14,4	14,7	-0,3
2016	A		80		220	230	12,7	12,9	-0,2
2017	A		80		220	230	13,2	13,3	-0,1
2015	B		80		220	230	13,3	13,6	-0,3
2016	B		80		220	230	12,2	12,4	-0,2
2017	B		80		220	230	12,4	12,5	-0,1
2015	E		70		235	230	15,1	15,0	0,1
2016	E		70		235	230	13,4	13,3	0,1
2017	E		70		235	230	14,2	14,1	0,1

QG=Qualitätsgruppe

Literatur

Bundesministerium für Ernährung und Landwirtschaft (2017): Erntebericht 2017. (https://www.bmel.de/SharedDocs/Downloads/Landwirtschaft/Markt-Statistik/Ernte2017Bericht.pdf?__blob=publicationFile, verifiziert am 03.07.2018).

Fuertes-Mendizábal, T., Aizpurua, A., González-Moro, M.B., Estavillo, J.M. (2010): Improving wheat breadmaking quality by splitting the N fertilizer rate. Eur. J. Agron. 33, 52-61.

The R Core Team (2017): A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. (<https://www.R-project.org/>, verifiziert am 03.07.2018).

Wieser, H., Seilmeier, W. (1998): The influence of nitrogen fertilisation on quantities and proportions of different protein types in wheat flour. J. Sci. Food Agric. 76, 49-55.

Grain yield of winter wheat cultivars (hybrids vs. lines) depending on different sowing times and growth conditions

Yazdan Vaziritabar, Yavar Vaziritabar and Bernd Honermeier

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

Introduction

Wheat is known as a major cash crop that is particularly used for milling, feeding and energy production (bio-ethanol, biogas). Due to flowering development and architecture, wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) has a strong inbreeding nature resulting in difficulties in hybrid wheat breeding. Nevertheless, because of improved methods in genetic engineering there is currently an increasing number of hybrid wheat cultivars coming onto the market. As measured by grain yield effects the heterosis of wheat hybrids may vary from 3 to 15 % (Longin et al. 2012). The variation of the properties of those hybrid cultivars like drought tolerance, plant development and grain quality is quite large (Mühleisen et al. 2014). For that reason, an improved understanding of the wheat hybrids reaction on varying growing conditions is needed. Therefore, we established a field experiment on clay and sandy soil conditions to investigate the response of wheat hybrids on different sowing times compared to conventional cultivars.

Material and method

The field experiments have been carried out in 2016 and 2017 at the research stations Giessen (GI) (50.60120 °N, 8.65304 °E; altitude 158 m, yearly precipitation: 650 mm, air temperature: 8.1 °C), Gross Gerau (GG) (49.45 °N, 8.29 °E; altitude 90 m, yearly precipitation: 600 mm, air temperature: 9.8 °C) and Rauischholzhausen (RH) (50.76 °N, 8.87 °E; altitude 200 m, yearly precipitation: 605 mm, air temperature: 8.5 °C). The stations are characterized by different soil conditions, GI: silty clay texture, clay content (0-30 cm) 28-33%, AZ 65, humus content (0-30) 2%, field capacity (0-100 cm) 123 mm and pH 6.0-6.4. GG: sandy soil, AZ 20-25, humus 1.5%, pH 6.5 and RH: sandy loam-luvisol soil, AZ 68-82, pH: 6.6%. The field experiment includes two main treatments (1) two different sowing times and (2) wheat cultivars including five hybrids and five lines arranged as a randomized complete block design with four replications. The wheat was fertilized with 170 kg N/ha (70, 70, 30 kg N/ha, Nmin: 30 kg N/ha) in GI, with 130 kg N/ha (70, 60 kg N/ha, Nmin: 12 kg N/ha) in GG and with 180 kg N/ha (80, 40, 60 kg N/ha, Nmin: 35 kg N/ha) in RH. The two sowing times have been extended over a period of four weeks from beginning until the end of October. Irrigation was applied only in GG 2017 three times (38, 22 and 25 mm) during the growing season.

Results and discussion

In 2016 grain yields varied from 84.3 to 109.6 dt/ha in GI, around 84 dt/ha in GG and from 66 to 96 dt/ha in RH. In GI and RH delayed sowing led to increased grain yields of wheat cultivars compared to early sowing time. In contrary to GI and RH in GG no significant differences between early and delayed sowing time has been observed. In GI 2016 the investigated wheat hybrids had significant higher grain yields (106 dt/ha = 110

%) compared to the wheat lines 101 dt/ha in delayed sowing time. In RH this values for hybrid wheat estimated around 96 dt/ha = 112 % compared to the wheat lines 88 dt/ha. In contrast to GI and RH in GG no significant differences were found between hybrids and lines.

In 2017 wheat cultivars reached a mean yield level of 94.8 dt/ha in GI; 88.3 dt/ha in RH and 66.2 dt/ha in GG. The higher grain yield performance in GI and RH can be explained by favourable soil conditions which are characterized by higher water holding and cation exchange capacity. In GI 2017 the wheat hybrids had statistically the same grain yield level (83.5 dt/ha) compared to the tested lines (83.9 dt/ha) in early sowing respectively. It was found that delayed sowing showed no differences between both types of wheat cultivars. However, the early sowing caused higher grain yield of 83.7 dt/ha compared to delayed sowing with 74 dt/ha. In GG and RH no significant differences were found between early and delayed sowing time. Moreover, in GG no meaningful development of grain yield in wheat hybrids was found compared to lines which can be attributed to overwintering and weather conditions in both stations. There was no interaction between sowing time and cultivar in both locations. In contrary to Gi and GG in RH, significant interaction was observed between sowing time and wheat cultivars. Meaningful development of grain yield was found in wheat hybrids in early sowing time (83 dt/ha) compared to wheat lines (77 dt/ha).

In the frame of the current study it can be concluded that the own results confirm the higher grain yield potential of wheat hybrids under favourable soil conditions. Frequent practices which are in accordance with the achieved results proved the higher capability of hybrids to drought stress and varying environmental conditions expressed by higher yield stability compared to lines (Mühleisen et al. 2014). Conversely, hybrids can compete with the best inbred lines but had no constant yield advantage on average.

Literature

- Longin C. F. H., Mühleisen J., Maurer H. P., Zhang H., Gowda M., Reif J. C. (2012). Hybrid breeding in autogamous cereals. *Theor. Appl. Genet.* 125, 1087–109.
- Mühleisen J, Piepho HP, Maurer HP, Longin CF, Reif JC. 2014. Yield stability of hybrids versus lines in wheat, barley, and triticale. *Theor Appl Genet.* 127(2):309-16. Doi: 10.1007/s00122-013-2219-1.

Interaktionseffekte von Genotyp und Management auf die Seneszenz von Winterweizen

Ralph Ehlers, Till Rose und Henning Kage

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

Einleitung

Die Ertragsbildung von Pflanzenbeständen wird wesentlich von der Strahlungsaufnahme (Q) beeinflusst. Während der Seneszenz, die im Juni und Juli stattfindet, treten hohe Einstrahlungsintensitäten auf, sodass ein längeres grün bleiben („stay green“) in dieser Phase zu deutlichen Gewinnen in der Strahlungsaufnahme und in der Folge, auch der Biomasseproduktion, führen sollte. Die Bedeutung dieser Eigenschaft für genotypische Unterschiede in der Biomasseproduktion soll im Folgenden dargestellt werden.

Material und Methoden

In dem Erntejahr 2017 wurde auf dem Versuchsstandort Hohenschulen der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel ein Set von 220 Genotypen (Sortenzulassungen zwischen 1946 und 2013) in 3 Managements (intensiv, semi-intensiv und extensiv) und 3 Feldwiederholungen angebaut. Die drei Managements unterscheiden sich wie folgt:

- **Intensiv:** 220 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), +Fungizide, +Insektizide, +Wachstumsregler
- **Semi-Int.:** 220 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), -Fungizide, -Insektizide, +Wachstumsregler
- **Extensiv:** 110 kg N ha⁻¹ (-N_{min}), -Fungizide, -Insektizide, -Wachstumsregler

Zur Beschreibung der Seneszenz wurden an 8 ausgewählte Genotypen in einem zeitlich engem Raster (14 Termine zwischen dem 20.06. und 06.08.) in den einzelnen Blättern SPAD-Werte (SPAD-502, Konica Minolta) erfasst. Durch eine Probenahme zu Beginn des Erfassungszeitraums wurde der relative Anteil der einzelnen Blätter an der Gesamtblattfläche erfasst, um hiermit die Etagen-Werte in einen gewichteten Bestandeswert zu überführen.

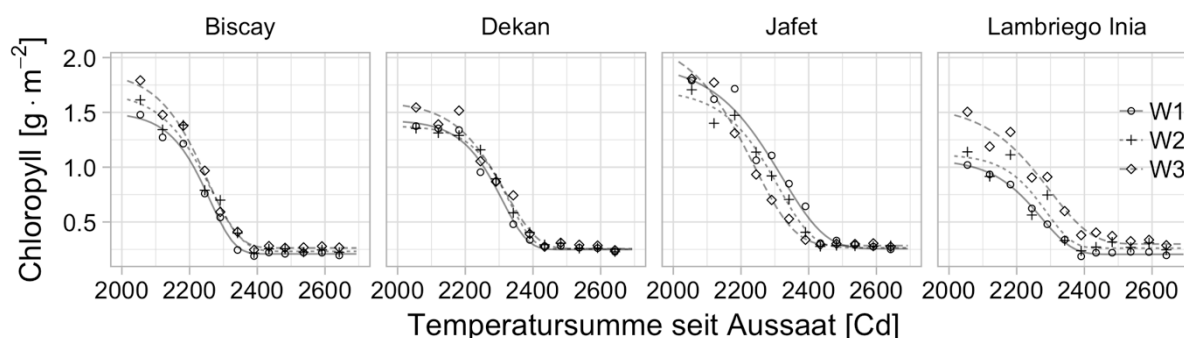


Abb. 1: Exemplarische Verläufe der Chlorophyllmenge pro Bodenfläche.

Diese Bestandeswerte wurden anhand einer Funktion von Uddling et al. (2007) in eine flächenbezogene Chlorophyll-Konzentration überführt und anhand von LAI-Werten zu Beginn des Beobachtungszeitraums in Chlorophyllmengen pro Quadratmeter Boden umgerechnet. An die Beziehung dieser Werte zur Temperatursumme wurden Weibull-Modelle angepasst (Abb. 1).

Die Parzellen wurden im gleichen Zeitraum regelmäßig mit dem UAV-getragenen Sensor Sequoia (Parrot) erfasst (6 Termine). Hierbei werden spektrale Reflexionen in vier Wellenlängenbereichen (Green, Red, RE, NIR) erfasst. Den spektralen Werten, wurden die Messwerte des angepassten Weibull-Modelles zugeordnet und ein beschreibendes lineares Modell aus den drei Verhältnissen: NIR/RE, NIR/Red und NIR/Green angepasst (Abb. 2). Aus dieser Beziehung wurden Schätzwerte für das gesamte Sortiment bestimmt und gleichermaßen Weibull-Modelle zur Beschreibung der Seneszenz angepasst. Das Integral dieser Beziehung ist die Chlorophyllsumme.

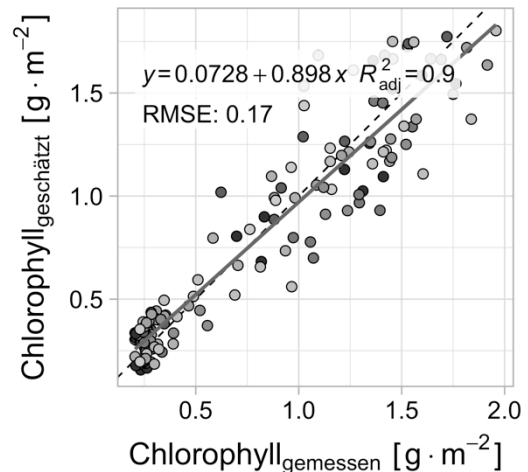


Abb. 2: Beschreibungsgüte des Chlorophyllindizes.

Ergebnisse und Diskussion

Die Chlorophyllsumme während der Seneszenz kann zu einem deutlichen Anteil die Variation der finalen Biomasse erklären (Abb. 3). Die Beziehungen werden enger, je suboptimaler das Management wird. Im Semi-Intensiven und Extensiven Management zeigt sich neben dem reinen „stay-green“, als Steuerung der Abreife, auch die Anfälligkeit für Blattkrankheiten. Bei reduzierter Stickstoffdüngung im extensiven Management wird die genotypische Variation nochmal zusätzlich erhöht.

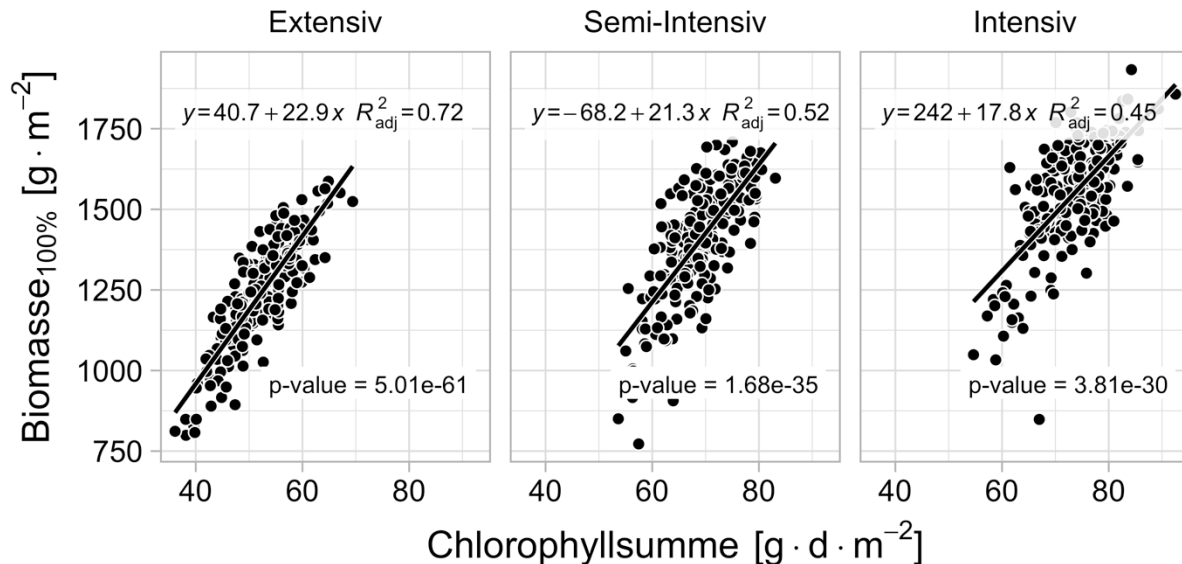


Abb. 3: Beziehung zwischen der finalen Biomasse und der Chlorophyllsumme zwischen dem 20.06. und dem 06.08.2017. Alle Steigungen sind signifikant.

Literatur

Uddling, J., Gelang-Alfredsson, J., Piikki, K., & Pleijel, H. (2007). Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. *Photosynthesis Research*, 91(1), 37–46.

Zusammenhang von intragenotypischer, intra- und interspezifischer Konkurrenz bei Winterweizen

Samuel Knapp

Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, Freising.
E-Mail: samuel.knapp@tum.de

Einleitung

Konkurrenz spielt eine wichtige Rolle im Pflanzenbau – nicht nur gegenüber Unkräutern sondern auch zwischen den Pflanzen eines Reinbestandes und in Sorten- oder Artenmischungen. Konkurrenz-Interaktion kann auf verschiedenen Ebenen stattfinden: 1) intragenotypische Konkurrenz zwischen Pflanzen des gleichen Genotyps, 2) intraspezifische Konkurrenz zwischen Pflanzen unterschiedlichen Genotyps der gleichen Art und 3) interspezifische Konkurrenz zwischen Pflanzen unterschiedlicher Art. Zur Analyse von Konkurrenz-Interaktion kann zwischen Konkurrenz-Effekt (KE, auf die benachbarte Sorte oder Art) und Konkurrenz-Reaktion (KR, auf die Anwesenheit einer anderen Sorte oder Art) unterschieden werden (Goldberg and Fleetwood, 1987). Ziel dieser Arbeit war es, die Zusammenhänge von KE und KR von verschiedenen Weizensorten zu untersuchen und diese durch phänotypische Merkmale zu erklären.

Material und Methoden

In einem zweijährigen Feldversuch (2016 und 2017, nahe Freising) unter ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung wurden 9 Sorten (Abb. 1) in 5 unterschiedlichen Konkurrenz-Systemen angebaut, die 3 verschiedene Konkurrenzebenen darstellen: halbe und normale Saatkichte (intragenotypische Konkurrenz), 50:50 Mischung mit der rotkörnigen Weizensorte Rosso (intraspezifische Konkurrenz) und jeweils einer Untersaat von Weidelgras und Wicke als Modellunkraut (interspezifische Konkurrenz). Das Versuchsdesign war eine Spaltanlage mit 3 Wiederholungen, wobei das Konkurrenz-System als Großteilstückfaktor verwendet wurde. Im Reinbestand unter normaler Saatkichte wurden zur Blüte intensive Messungen zur Bestandesarchitektur durchgeführt: u.a. Blattgeometrie, Pflanzenhöhe und Grünwert (Hue-Farbwert) der Blätter als indirektes Maß für den Chlorophyll-Gehalt. Der KE auf die Untersaaten wurde durch Biomasse und mittels GreenSeeker nach der Ernte bestimmt. Um die Erträge der Komponenten in der Sortenmischung separat zu erheben, wurden die Samen mittels eines Einzelkorn-Sortierers (QualySense, Zürich) anhand des Farbwerts (Hue) getrennt. KE und KR wurden jeweils als Verhältnis des Ertrages mit Konkurrenz zum Ertrag ohne Konkurrenz (Reinbestand mit normaler Saatkichte) berechnet und Zusammenhänge zwischen den Merkmalen wurden mittels Pearson-Korrelation der Sortenmittelwerte über alle 4 Versuche untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Der Durchschnittsertrag (und Proteingehalt) über beide Jahre betrug am ökologisch bewirtschafteten Standort 56 dt/ha (10.3%) und am konventionell bewirtschafteten Standort 84 dt/ha (12.8%).

Der KE auf die rote Sorte Rosso war stark korreliert mit dem KE auf die beiden Modellunkräuter Weidelgras und Wicke ($r=0.77^*$, bzw. $r=0.88^{**}$). Die Kombination aus Sortenmischung mit einer farbigen Sorte und einem Einzelkorn-Sortierer stellt

ein effizientes System dar, um den KE auf Unkräuter in größerem Umfang, z.B. in der Sortenprüfung, zu untersuchen. KE und KR waren nicht in allen Fällen korreliert, was darauf hin deutet, dass eine separate züchterische Manipulation möglich sein könnte.

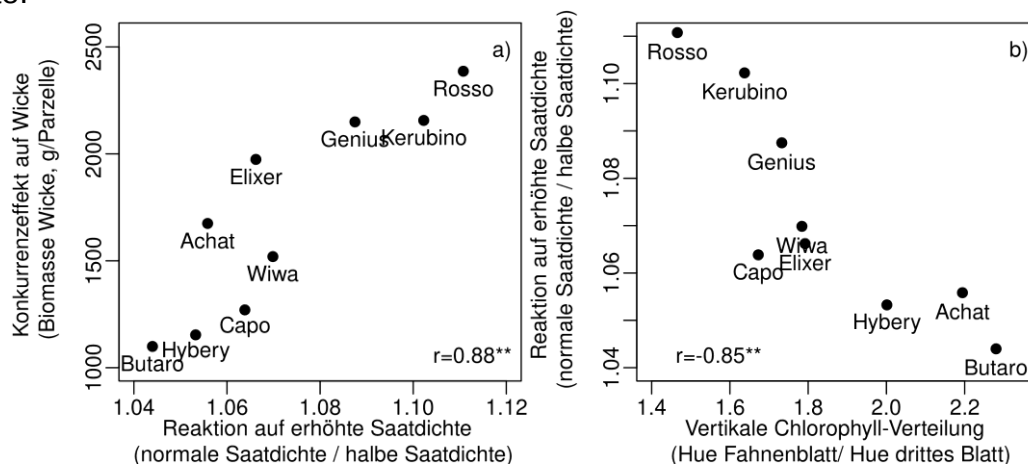


Abb. 1: Zusammenhang von a) KE gegenüber Wicke (geringere Biomasse = stärkerer KE) und Reaktion auf erhöhte Saatkichte; und b) Reaktion auf erhöhte Saatkichte und vertikaler Chlorophyll-Verteilung (indirekt bestimmt über Grünwert, Hue).

Als Maß für die intragenotypische Konkurrenz wurde die Reaktion der Sorten auf unterschiedliche Saatkichten untersucht. Sorten, die einen starken KE gegenüber Rosso und den Modellunkräutern zeigten, reagierten weniger stark auf eine erhöhte Saatkichte (Abb. 1a). Bessere Anpassung an höhere Saatkichte ist ein Indikator für effizientere Lichtnutzung in einem dichten Bestand. Ein stärkerer KE (bessere Unkrautunterdrückung) scheint somit mit einer weniger effizienten Lichtnutzung im Reinbestand verknüpft zu sein. Als Maß für die vertikale Chlorophyll-Verteilung wurde das Verhältnis des Fahnen- zum dritten Blatt berechnet. Sorten, die relativ mehr Chlorophyll im Fahnenblatt hatten, zeigten einen stärkeren KE, aber eine geringere Anpassung an höhere Saatkichte (Abb. 1b). Dieser Zusammenhang zeigt, dass für eine effektive Lichtnutzung im Reinbestand und hoher Saatkichte auch die unteren Blattetagen wichtig sind (Anten and Vermeulen, 2016). Gleichzeitig führt dies wohl aber auch zu einem geringerem KE gegenüber anderen Sorten oder Arten. Dieser Trade-Off zwischen Lichtnutzung und Unkrautunterdrückung ist bei der Züchtung und Sortenwahl für eine starke Unkrautunterdrückung zu beachten. Die Bestandeshöhe, ein oft verwendetes Merkmal für EK, erklärte die beobachteten KE nur zum Teil (z.B. $r=-0.73^*$ für den Konkurrenzeffekt auf Wicke). Hingegen lieferte die Länge des Fahnenblatts eine deutlich stärkere Erklärung ($r=0.90^{***}$ für den EK auf Wicke). Während eine höhere Bestandeshöhe zwar oft auch wichtig ist für Krankheitsresistenz, birgt sie aber auch das Gefahr von Lager. Für eine Bestimmung der Unkrautunterdrückung durch Sorten scheint sie aber nicht immer das geeignetste Merkmal zu sein.

Literatur

- Anten, N.P.R., and P.J. Vermeulen. 2016. Tragedies and Crops: Understanding Natural Selection To Improve Cropping Systems. *Trends in Ecology & Evolution* 31(6): 429–439. doi: 10.1016/j.tree.2016.02.010.
- Goldberg, D.E., and L. Fleetwood. 1987. Competitive Effect and Response in Four Annual Plants. *Journal of Ecology* 75(4): 1131–1143.

Improving and parameterizing iCrop for smart farming applications in Austria

W. Fuchs¹, A. Soltani², J. Eitzinger³, H.-P. Kaul¹ and A.M. Manschadi¹

¹Department of Crop Sciences, Division of Agronomy, University of Natural Resources and Life Science, Vienna; ²Agronomy Group, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan; ³Department of Water – Atmosphere – Environment, University of Natural Resources and Life Sciences, Vienna. E-Mail: wolfgang.fuchs@boku.ac.at

Introduction

Crop simulation models have become powerful tools for investigating the effects of genetic, management, and environmental factors on crop productivity. It is well recognized that an adequate level of parameterization is indispensable to reduce the uncertainty and improve the accuracy of crop model simulations.

The aim of this work within the FARM/IT (<https://farming.software>) project was the parameterization of the simple simulation model (SSM/iCrop) (Soltani and Sinclair, 2012) for wheat and maize cultivars grown in eastern Austria. Use cases for model application were (1) regional yield forecasting several weeks before harvest and (2) in-season crop nitrogen (N) status estimates as a basis for N fertilization recommendation.

Materials and Methods

Data for model parameterization and evaluation consisted of maize experiments in 2016 and 2017 in Tulln (Lower Austria, west of Vienna) with five N fertilization treatments (N0: 0, N1: 40, N2: 80, N3: 120, N4: 160 kg ha⁻¹) and wheat experiments in 2013/14 in Raasdorf (Lower Austria, east of Vienna) with two cultivars (facultative wheat *Xenos*; winter wheat *Capo*) and two sowing dates (SD1: 26. Sept., SD2: 17. Oct. 2013). *Xenos* parameterization was performed in two levels, using only phenology input information first (low [L] level) and finally all information (high [H] level). For *Capo* evaluation, we used in addition a data set with 151 seasons and six locations across Lower Austria.

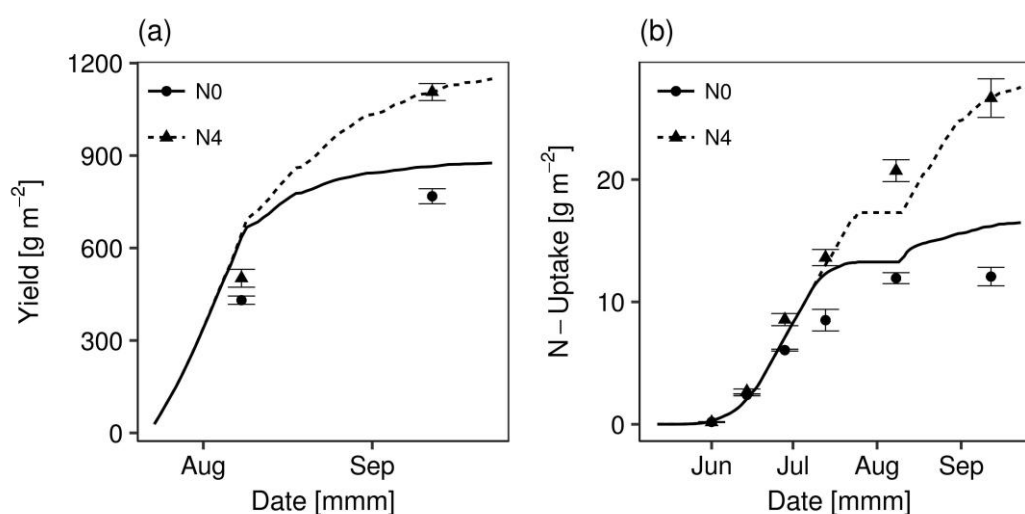


Figure 1: Maize yield (a) and plant nitrogen (N) uptake (b) simulation (lines) vs. observation (points) for treatments N0 (no N fertilization) and N4 (160 [kg ha⁻¹] N), sown in 2017 (evaluation year). Bars indicate standard errors.

Results and Discussion

The iCrop model performed well in simulating wheat growth and development (Table 1). Prediction error of yield was low in both L and H level simulations for *Xenos*, while errors increased for final biomass, final N uptake, and LAI (leaf area index). However, we aimed at correctly simulating the trends of biomass and N uptake until anthesis and LAI pre-anthesis, as these are crucial for calculating plant N fertilizer demand. Estimates of these trends were improved with the H level simulation.

Evaluation of the *Capo* simulations of multi-environment trials showed satisfactory results for the date of heading (RMSE=3.8 days), but poor prediction of yields (RMSE=1.9 t ha⁻¹) because of unknown soil characteristics and initial soil water and nitrogen conditions.

Maize phenology estimates were accurate (within two days for emergence and anthesis). Also, biomass, N uptake, and yield predictions for both years were precise. For N0 in 2017 (evaluation), N uptake and yield were slightly overestimated, while N4 prediction was accurate (Figure 1).

Table 1: Root mean square errors (RMSE) and relative RMSE (RRMSE, in parenthesis) of simulated vs. observed plant traits.

	Xenos L-level	Xenos H-level	Capo
Emergence [days]	1.6	1.6	1.6
Anthesis [days]	2.9	2.8	0.7
Final biomass [t ha ⁻¹]	0.7 (5%)	3.6 (23%)	0.3 (2%)
Biomass until anthesis [t ha ⁻¹]	2.6 (37%)	0.9 (13%)	1.8 (23%)
Final N uptake [kg ha ⁻¹]	10 (5%)	102 (50%)	47 (21%)
N uptake until anthesis [kg ha ⁻¹]	73 (48%)	36 (24%)	36 (24%)
Yield [t ha ⁻¹]	0.5 (8%)	0.7 (12%)	0.2 (4%)
LAI	1.5 (48%)	1.7 (54%)	0.7 (20%)
LAI pre-anthesis	1.2 (40%)	1.0 (34%)	0.7 (24%)

Overall, iCrop's performance for predicting yield and N uptake dynamics was accurate, enabling yield forecasts and crop N status derived N fertilizer recommendations. Nevertheless, to gain more confidence in the simulation results, more data for evaluation needs to be acquired, such as weather data closer to field experiments of *Capo*, and additional maize and *Xenos* wheat field data. Future work will extend the set of parameterized/evaluated crops (potato, sugar beet) and cultivars (recent winter wheat cultivars).

Literature

Soltani, A., Sinclair, T.R. (Eds.), 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. CABI, Wallingford.

Characterization of yield and kernel quality of waxy wheat cultivated with different nitrogen applications

Man Wang, Feng Yan and Bernd Honermeier

Institute of Agronomy and Plant Breeding I, Justus Liebig University Giessen, Schubert-Str. 81, 35392 Giessen. E-Mail: feng.yan@agrar.uni-giessen.de

Introduction

Waxy wheat (*Triticum aestivum* L. ssp. *aestivum*) cultivars are characterised by very low amylose content. Because of its special characteristics in backing processing, waxy wheat flour is used in production of various industrial products. However, the agronomic aspects of these special wheat cultivars are not well known. Therefore, we investigated the characteristics of waxy wheat in a field experiment to analyse the grain yield, yield structure components, and backing quality of four winter wheat cultivars. In particular, the response of cultivars to nitrogen fertilizer application was the focus of the study.

Material und Methods

A field trial with two factors (cultivar, nitrogen application) was investigated in 2016/2017. The tested cultivars were Waxydie (waxy wheat), RGT Reform (A), Axioma (E), and Sarmund (C). Seven N treatments were conducted as following: N0: no fertilizer as control; N70: 70 kg N/ha; N110a: 70 + 40 kg N/ha; N110b: 40 + 70 kg N/ha; N160a: 70 + 40 + 50 kg N/ha; N160b: 50 + 40 + 70 kg N/ha; N200: 70 + 70 + 60 kg N/ha. The first N application was conducted at tillering, the second at stem extension, and the third at booting stage. A completely randomized experiment design was established with three replications. The experiment was conducted in one of the research stations of the University Giessen in Rauischholzhausen. The soil is characterized as a loamy loss soil with about 30% clay. The total precipitation in 2017 was 655 mm. It is noteworthy that the rainfall in August 2017 was 137 mm, much higher than the long-term average rainfall of 72 mm. The annual average temperature was 10 °C in 2017. After harvest, the backing quality parameters of the grains including protein content, falling number, sedimentation and viscosity have been studied.

Results and Discussion

The conducted ANOVA analysis showed significant effects of nitrogen fertilization and cultivar on grain yield. The highest yield (87 dt/ha TM) was measured in the treatment of N200. From N0 to N200 there was a gradual and constant increase in grain yield independent of cultivars. At the single factor of variety analysis, C wheat Sarmund showed the highest value of grain yield with 69 dt/ha TM, while waxy wheat reached the lowest value with 51 dt/ha TM. The lowest TGW (41.45 g) was obtained for waxy cultivar, while the TGW values of the other cultivars ranged from 47 to 51 g. There was no significant effect of nitrogen fertilization on TGW for all cultivars tested. The protein content of waxy cultivar was significantly higher than that of cv. Sarmund, but there was no difference in protein content between the waxy cultivar and A or E cultivars. The falling number of wheat was generally low. In particular, the falling number of waxy cultivar was about 62 s, which indicates a pre-harvest sprout for this cultivar. This may have been induced by heavy rainfall in August 2017, short before the harvest. In contrast, the other tested cultivars did not show this effect, the falling

number ranged from 160 to 400 s. Our data indicate a lower dormancy of waxy cultivar tested.

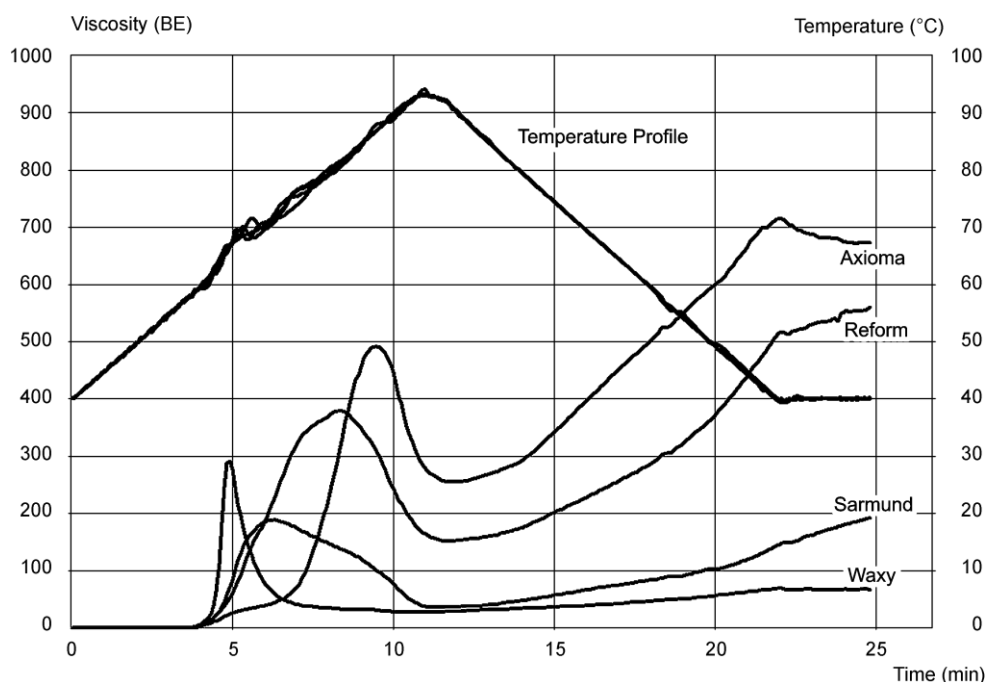


Figure 1: Characteristics of gelatinization process of wheat flour from four wheat cultivars grown in Rauischholzhausen in 2016/2017.

Figure 1 shows viscosity recordings of four cultivars. Amylograph describes the dynamics of viscosity of flour-water suspension in dependence of temperature changes. The change of viscosity reflects gelatinization process of starch. It is evident from figure 1 that the maximal viscosity was reached much earlier (at about 5 min) by lower temperature ($<70^{\circ}\text{C}$) for waxy cultivar as compared to other cultivars. The highest viscosity was reached for cultivar Axioma (E), at about 9 min with a temperature of about 85°C . It was also evident, that the viscosity change during the cooling period was markedly different among four cultivars: waxy cultivar showed no marked increase as the temperature decreased from 92°C to 40°C , while the other cultivars showed an increase in viscosity during cooling period. This is particularly marked for the cultivars Axioma and Reform. This viscosity increase during the cooling period is caused by retrogradation of starch molecules. This difference in retrogradation between waxy cultivar and other cultivars expand more utilizations for modification of backing property of wheat flours in food production.

In conclusion, the response of waxy wheat grain yield to N application was similar as other cultivars tested, but the grain yield potential was lower than the other cultivars. The lower grain yield potential of waxy wheat cultivar is related to the smaller grain of this cultivar. In addition, the waxy wheat cultivar showed low dormancy and high sprout damage potential. These agronomic characteristics of waxy wheat must be considered for the production of waxy wheat under field conditions.

Vergleich verschiedener Vegetationsindizes auf ihre Eignung zur Ertragsabschätzung bei Winterroggen

Martin Strenner, Franz-Xaver Maidl und Kurt-Jürgen Hülsbergen

¹TU 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. 2016 wurde Winterroggen auf etwa 4,9% der deutschen Ackerflächen angebaut (Statistisches Bundesamt, 2017).

Neben der schon vielfach in der Literatur beschriebenen Fähigkeit von Pflanzensensoren die Stickstoffaufnahme aus der Reflektion des Pflanzenbestandes mittels errechneter Vegetationsindizes zu detektieren und zu beschreiben, haben einige Studien gezeigt, dass es auch einen Zusammenhang gibt zwischen einzelnen Vegetationsindizes, ermittelt zu unterschiedlichen Wachstumsstadien des Bestandes und dem zu erwartenden Kornertrag. Das Ziel dieser Arbeit war es, verschiedene Vegetationsindizes auf ihre Fähigkeit hin zu vergleichen, den potentiellen Kornertrag in Winterroggenbeständen zu ermitteln.

Material und Methoden

In drei verschiedenen Jahren, 2013, 2015 und 2016 wurden auf den Versuchsfeldern des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Parzellenversuche bei Winterroggen (*Cereale Secale* L.) durchgeführt. Diese Versuche bestanden aus einer Winterroggenart (Brasetto), kombiniert mit acht verschiedenen hohen Gesamt-N-Düngerraten von 0 bis zu 250 kg N ha⁻¹ (Tab. 1).

Tab. 1: N-Düngerapplikationsmengen (2013-2016)

BBCH	Applikationsmenge [kg N ha ⁻¹]															
	0	40	40	40	40	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60	80
25	0	40	40	40	40	80	80	80	80	60	60	60	60	60	60	80
32	0	30	30	50	50	30	30	50	50	30	30	50	50	50	80	90
49	0	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	30	50	0	0	80
Σ	0	100	120	120	140	140	160	160	180	120	140	140	160	110	140	250

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 drei 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 wurden die Vegetationsindizes IR/G, IRI 1, IRI 2, IR/R, SAVI, NDI 1, NDI 2, NDVI, REIP, SR 1 und SR 2 berechnet. Anschließend wurden diese Vegetationsindizes verglichen, um zu ermitteln, welcher am besten geeignet ist den potentiellen Kornertrag zu bestimmen.

Ergebnisse und Diskussion

Die über die drei Versuchsjahre erfassten Kornerträge von Winterroggen ließen sich je nach verwendetem Vegetationsindex und je nach dem Entwicklungsstadium des Bestandes unterschiedlich gut abbilden. (Tab. 2). Dabei zeigten sich auch deutliche Unterschiede in der Höhe der Bestimmtheitsmaße der einzelnen Vegetationsindizes zum Kornertrag.

Tab. 2: Lineare Bestimmtheitsmaße Kornerträge zu Vegetationsindizes (2013-2016)

Vegetationsindex [R^2 -Werte]											
BBCH	REIP	NDVI	IR/R	IR/G	IRI 1	IRI 2	SAVI	NDI 1	NDI 2	SR 1	SR 2
30	0,14	0,64	0,61	0,08	0,56	0,53	0,09	0,00	0,03	0,03	0,03
37	0,56	0,35	0,17	0,36	0,47	0,47	0,11	0,51	0,55	0,56	0,53
65	0,23	0,60	0,66	0,73	0,55	0,59	0,30	0,13	0,28	0,29	0,28

Das Entwicklungsstadium BBCH 37 erwies sich dabei als kritisch. Die Vegetationsindizes REIP, NDI 1, NDI 2, SR 1 und SR 2, die sich generell zur Bestimmung der N-Aufnahme des Bestandes zu den jeweiligen Entwicklungsstadien als besonders geeignet erwiesen, waren zu BBCH 30 und 65 nicht geeignet die Kornerträge zu bestimmen. Auch wiesen sie deutliche Einbrüche zu BBCH 30 und auch BBCH 65 auf. Im Gegensatz dazu war zum frühen Stadium BBCH 30 der IR/R mit $R^2=0,61$ und besonders der NDVI mit $R^2=0,64$ schon recht gut geeignet über die Jahre den Kornertrag abzubilden. Zum späteren und der Ernte näheren Stadium BBCH 65, zeigte sich wieder der IR/R, als auch der IR/G-Index mit $R^2=0,73$ als gut geeignet, der allerdings zu Anfang, bei BBCH 30 mit $R^2=0,08$ komplett versagt. Die Indizes IRI 1 und IRI 2 zeigten auch Einbrüche in ihren Bestimmtheitsmaßen zu BBCH 37, die jedoch mit einem Rückgang des Bestimmtheitsmaßes von etwa $\Delta=0,09$ bei IRI 1 und $\Delta=0,06$ bei IRI 2 von BBCH 30 zu BBCH 37 deutlich niedriger ausfielen, als bei den übrigen untersuchten Indizes. Genau wie bei den Indizes NDVI, IR/R und IR/G, lässt das auch hier den Schluss zu, dass die Verwendung eines kurzwelligeren Bereichs des reflektierten Spektrums, der bei diesen Indizes zur Berechnung Verwendung findet, diesen Umstand hervorruft. Wie schon zur Bestimmung der N-Aufnahmen, konnte der Vegetationsindex SAVI auch zur Bestimmung der Kornerträge nicht überzeugen, was die R^2 -Werte auch bestätigten. Die Ergebnisse zeigten, dass nicht alle Vegetationsindizes gleichermaßen dazu geeignet sind. Das Bestimmtheitsmaß der Vegetationsindizes zum Kornertrag wächst in der Regel, je später während der Vegetationsperiode die Messungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse der Studie weisen darauf hin, dass es zwei Hauptfaktoren gibt, um den potenziellen Kornertrag zu bestimmen. Zum einen die Verwendung des richtigen Vegetationsindex, zum anderen das Entwicklungsstadium, zu dem die Sensormessungen durchgeführt wurden. Die Ergebnisse lassen zudem vermuten, dass die zur Bestimmung der Kornerträge eher die Reflektion des Bestandes im roten und bei späteren Entwicklungsstadien im grünen Bereich vorteilhaft ist. Dies muss aber noch abschließend in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Literatur

Bundesamt für Statistik (2017):

https://www.destatis.de/DE/Publikationen/StatistischesJahrbuch/LandForstwirtschaft.pdf?__blob=publicationFile, Zugriff 27.02.2018

Land Equivalent Ratio Versus Dry Matter Equivalent Ratio: adequacy for additive intercropping

A.I. Nawar*, H.S.A. Salama¹, A.M. Shaalan** and H.E. Khalil***

* Crop Science Dept., Faculty of Agriculture, Alexandria University, Alexandria, Egypt.

** Faculty of Desert and Environmental Agriculture, Alexandria University, Matrouh Branch, Egypt.

*** Crop Intensification Dept., Field Crop Research Institute, ARC, Giza, Egypt.

¹Email: heba.salama@alexu.edu.eg

Introduction

Intercropping, as an element of sustainable agriculture, has been widely encouraged because it has the potential to improve the economic utilization of arable lands. Land equivalent ratio (LER) has been widely used to determine the efficiency of intercropping relative to sole cropping. Willey (1979) stated that LER is the most appropriate index used in case of the replacement intercropping series. However, using it in the additive intercropping series would lead to overestimating the final gain. Therefore, alternative indices were developed to fairly determine effectiveness of intercropping in additive series compared to pure stand of main crop component. Among the newly developed indices is the dry matter equivalent ratio (DMER), which utilizes the dry matter yield per unit area to compare the expected gain from the additive intercropping approach to the gain obtained from the sole cropping (Shaalan et al., 2015 and Salama et al., 2016). This index would provide a realistic estimate to the yield gain of the additive intercropping system compared to the sole crops. Aim of the current study was to examine the effectiveness of additive intercropping using the new index (DMER) in comparison to the commonly used land equivalent ratio (LER).

Materials and Methods

The current data set comprised two 2-year field experiments carried out at the Agricultural Research Station of Alexandria University, Alexandria, Egypt, during the winter (1st experiment) and summer (2nd experiment) seasons of 2013 and 2014. In the 1st experiment, sugar beet was additively intercropped with different percentages (50, 75, and 100%) of wheat, barley and faba bean. In the 2nd experiment, grain maize and fodder millet were intercropped with four intercropping patterns (Two additive and two replacement). Three cutting systems (C1, C2, and C3) were applied to fodder millet. LER was determined as the sum of fractions of the yield (ton ha⁻¹) of intercrops relative to their sole crop yields (De Wit, 1960; De Wit and Van Den Bergh, 1965). DMER was determined as the sum of the dry yield of the main crop and the companion crops relative to the dry yield of the sole main crop (Salama et al., 2016).

Results and Discussion

First experiment: The LER indicated a yield gain ($LER > 1$) under all the tested intercropping treatments. When determining the yield gain in terms of DMER, it was found that only in case of intercropping sugar beet with wheat there was a slight yield gain ($DMER > 1$). On the other hand, when intercropping sugar beet with barley and faba bean, there was loss in the overall produced yield ($DMER < 1$), indicating a severe competition between the sugar beet and the two companion crops. Noticeably, the loss was more in case of faba bean than barley. This might be partially attributed to the deep root system that characterizes sugar beet and faba

bean, which increase the under-ground competition between the two crops on soil moisture and nutrients.

Second Experiment: All DMER values for all treatments were less than the LER values for the same treatments. The replacement intercropping patterns gave less yield gain (DMER values) than the additive pattern. This was expected because the crop with high dry matter (maize) was partially replaced with a crop with low dry matter (fodder millet). In case of additive intercropping, the dry weight obtained from fodder millet was an additional gain to that of maize grown at 100% plant density.

For both experiments, all the values of DMER were lower than the LER. This confirms the assumption that the LER was not the most accurate index to be used to determine the expected gain especially in case of an additive intercropping model. It resulted in overestimating the gain (all LER values were greater than 1). However, the DMER provided a more realistic idea about the effect of intercropping compared to the grown sole crops in case of crops where dry matter is the main economic component.

Table 1: Land equivalent ratio (LER), and dry matter equivalent ratio (DMER) of the 1st experiment in 2013 and 2014 winter growing seasons.

Companion Crop Percentage	Companion Crop Species					
	Wheat		Barley		Faba bean	
	LER	DMER	LER	DMER	LER	DMER
Winter 2013						
50	1.27	1.03	1.15	0.87	1.10	0.78
75	1.32	1.01	1.19	0.77	1.18	0.69
100	1.50	1.02	1.29	0.73	1.36	0.66
Winter 2014						
50	1.20	1.01	1.17	0.88	1.09	0.78
75	1.21	1.01	1.24	0.79	1.17	0.68
100	1.34	1.01	1.35	0.75	1.34	0.69

Table 2: Land equivalent ratio (LER), and dry matter equivalent ratio (DMER) of the 2nd experiment in 2013 and 2014 summer growing seasons.

Treatment	Summer 2013		Summer 2014	
	LER	DMER	LER	DMER
Intercropping Pattern:				
Replacement 1	1.75	0.90	1.69	0.89
Replacement 2	1.79	0.89	1.72	0.90
Additive 1	1.77	1.01	1.72	1.03
Additive 2	1.74	1.03	1.63	1.04
Cutting System:				
C1	1.80	1.09	1.69	1.11
C2	1.76	1.04	1.66	1.07
C3	1.78	1.04	1.70	1.05

References

- De Wit, C.T. (1960). On Competition. VerslagLandbouwkundigeOnderzoek No. 66:1-82.
- De Wit, C.T., and Van Den Bergh, J.P. (1965). Competition among herbage plants. Netherlands Journal of Agricultural Science 13:212-221.
- Salama, H.S.A., El-Karamity, D.E., and Nawar, A.I. (2016). Additive Intercropping of Wheat, Barley, and Faba Bean with Sugar Beet: Impact on Yield, Quality and Land Use Efficiency. Egyptian Journal of Agronomy 38:413-430.
- Shaalaa, A.M., Khalil, H.E., Nawar, A.I., and El-Salamouni, M.M. (2015). Intercropping of grain and fodder maize crops under different nitrogen levels and cutting dates. Alexandria Science Exchange Journal 36:373-380.
- Willey, R.W. (1979). Intercropping – Its importance and research needs. Part 1. Competition and yield advantages. Field Crop Abstracts 32:1-85.

Einfluss von Rhizomstückgröße auf Auflaufrate und Knollenertrag von Yacon (*Smallanthus sonchifolius*)

Larissa Kamp, Wilhelm Claupein und Simone Graeff-Hönninger

Institut für Kulturpflanzenwissenschaften, Allgemeiner Pflanzenbau, Universität Hohenheim, Stuttgart;
E-Mail: Larissa.Kamp@uni-hohenheim.de

Einleitung

Die in der Andenregion beheimatete Yaconpflanze (*Smallanthus sonchifolius*) bildet essbare Speicherorgane aus und gehört wie Topinambur zur Familie der *Asteraceae*. Die unterirdisch gebildeten Knollen speichern Kohlenhydrate in Form von Fructooligosaccharide (FOS), was ihnen einen gesundheitlichen Mehrwert verleiht. Da Yacon keine fertilen Samen ausbildet, wird die Pflanze vegetativ über Rhizome vermehrt. Ein Rhizomhorst einer Pflanze wiegt im Durchschnitt um die 800 Gramm und verfügt über bis zu 20 Triebspitzen. Für die Vermehrung werden die Rhizomhorste in kleinere Rhizomstücke zerteilt, wobei die Angaben in der Literatur für die anzustrebende Mindestgröße zwischen 25 und 500 g schwanken (Douglas *et al.*, 2005). Ziel der Untersuchungen ist es, den Einfluss der Rhizomgröße auf Auflaufrate und Knollenertrag festzustellen.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Agrarwissenschaften, Teilstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (478 m ü NN; 48,7° Nord, 8,9° Ost) wurde im Jahr 2017 ein Feldversuch als randomisierte, vollständige Blockanlage mit 3 Wiederholungen durchgeführt. Es wurde der Faktor Rhizomgröße (5-10, 20-40 und 80-100 g; Variante 1, 2 und 3, entsprechend) untersucht. Yacon wurde als Dammkultur (70 x 45 cm) angebaut. Eine N-Düngung fand aufgrund hoher N_{min}-Werte nicht statt (119 kg N ha⁻¹). Der Pflanzabstand in der Reihe belief sich auf 70 cm, zwischen den Reihen betrug der Abstand 114 cm (12531 Pflanzen pro ha). Für die Auspflanzung am 02.05.2017 wurden die Rhizomstücke am Vortag geschnitten und in die entsprechenden Gewichtsklassen unterteilt. Hierfür wurden gelagerte Rhizome aus dem Versuchsjahr 2016 verwendet, welche in einem Sägespäne-Sand-Gemisch über den Winter gelagert wurden. Geerntet wurde am 2.11.2017 (183 Tage nach Pflanzung) von Hand, wobei der Knollenertrag je Einzelpflanze an 6 Pflanzen pro Parzelle erfasst wurde. Die statistische Auswertung erfolgte anhand einer einfaktoriellen Varianzanalyse mit dem Programm SAS.

Ergebnisse und Diskussion

Die endgültige Auflaufrate wurde 41 Tage nach Pflanzung bonitiert, da nach diesem Termin keine weiteren Rhizome austrieben. Zu diesem Zeitpunkt unterschieden sich die drei Varianten deutlich. Mit 91 % konnte Variante 3 die höchste Auflaufrate verzeichnen. Variante 1 und 2 erreichten entsprechend 50 und 76 %. Der Zeitpunkt der Keimung wurde nicht von der Größe des Rhizoms beeinflusst. In allen drei Varianten keimten die ersten Rhizome 21 Tage nach Pflanzung. Daraus resultiert, dass die Größe des Rhizoms die Keimfähigkeit an sich beeinflusst, jedoch nicht die Geschwindigkeit, mit welcher dieser Prozess abläuft. Die Auflaufrate von lediglich 50 % in Variante 1 war als sehr gering einzustufen, was darauf schließen lässt, dass die gewählte Rhizomgröße nicht ausreichend ist für ein sicheres Austreiben.

Das Knollengewicht zur Ernte unterschied sich zwischen Variante 1 und 2 (11,98 t ha⁻¹ und 20,83 t ha⁻¹, entsprechend) nicht signifikant. Variante 3 hingegen erzielte mit 38,47 t ha⁻¹ den höchsten Ertrag und unterschied sich signifikant von den anderen zwei Varianten. Die Ertragserwartungen von 25,6 t ha⁻¹ (Sumtyanto *et al.*, 2012) bis 29,18 t ha⁻¹ (Fernández *et al.*, 2006) (bei Pflanzdichten von 30303 und 20408 ha⁻¹, entsprechend) konnten somit von Variante 1 und 2 nicht erreicht, von Variante 3 jedoch übertroffen werden. Zu berücksichtigen hierbei ist die deutlich geringe Pflanzdichte im vorliegende Versuch. Bei einer Erhöhung der Pflanzdichte ohne Rückgang des Einzelpflanzenenertrages könnte das Ertragsniveau weiter gesteigert werden. Wenn man Rhizomgewicht und Ertrag der Varianten in Relation setzt, ist zu beobachten, dass eine Vervierfachung des Rhizomgewichtes (von 5 auf 20 und von 20 auf 80 Gramm) jeweils zu einer ungefähren Verdopplung des Knollenertrages führt. Da Variante 3 den signifikant höchsten Ertrag erzielte und auch oberhalb der Ertragserwartungen lag, ist ein Rhizomgewicht von auf 80 – 100 Gramm für diese Art des Yaconanbaus empfehlenswert.

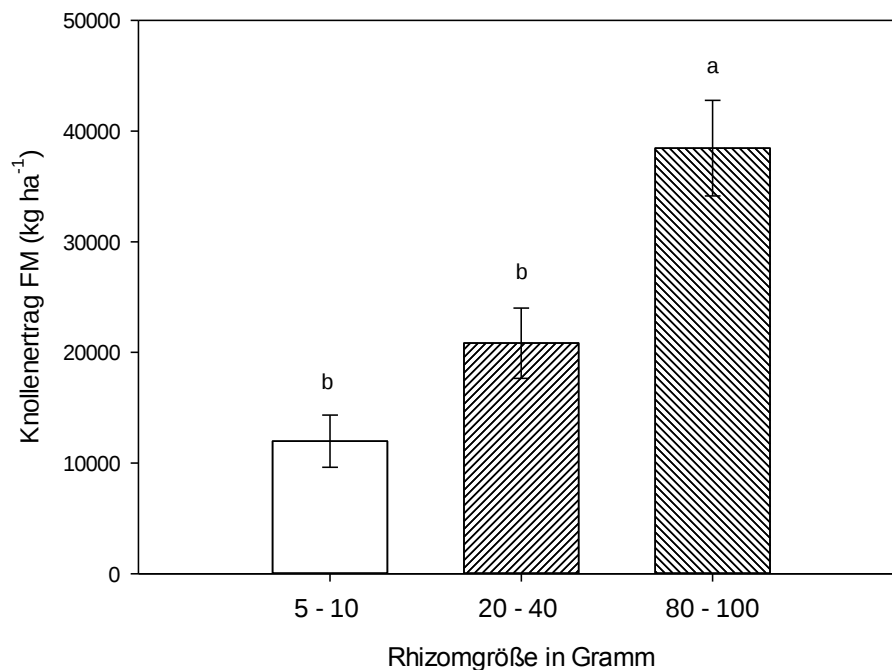


Abb. 1: Knollenertrag FM [kg ha⁻¹] der drei unterschiedlichen Rhizomgrößen. Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Kleinbuchstaben gekennzeichnet ($\alpha=0,05$, $n=18$)

Literatur

- Fernández, E. C., Viehmannová I., Lachman J., Milella L., 2006. Yacon [Smallanthus sonchifolius] (Poeppig & Endlicher) H. Robinson]: a new crop in the Central Europe. Plant Soil Environment 52 2006, 564 – 570.
- Sumiyanto, J., Bolonhezi, D., Khan, I. A., Moraes, R. M., 2009. The Effect of Propagule Type on Yacon Propagation, Growth and Development in Mississippi, in Planta Med 75, Georg Thieme Verlag KG Stuttgart, New York, 399 – 457.
- Douglas, J. A., Douglas, M. H., Deo, B., Follet, J. M., Scheffer, J. J. C., Sims, I. M., Welch, R. A. S., 2005. Research and Development of Yacon (Smallanthus sonchifolius) Production in New Zealand. Acta horticulturae 670 2005, 79 – 84.

Biomasseertrag und Lupinenanteil in Bergmähwiesen des Biosphärenreservates Rhön in Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt

Frank Hensgen, Damian Schulze-Brüninghoff, Thomas Möckel und
Michael Wachendorf

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

Einleitung

Invasive Neophyten stellen ein globales Problem dar, da durch die invasiven Arten häufig andere verdrängt werden und die Gesamtbiodiversität sinkt (Hejda et al. 2009). Dies ist im Biosphärenreservat Rhön seit einigen Jahren zu beobachten, wo die vielblättrige Lupine (*Lupinus polyphyllus*) sich vermehrt ausbreitet und dabei typische Arten der Borstgrasrasen und Goldhaferwiesen verdrängt. Da es sich um eine Leguminose handelt, werden die eigentlich nährstoffarmen Flächen des Mittelgebirges nachhaltig verändert. Im Rahmen eines von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt geförderten Forschungsprojektes zur Erhaltung der Bergmähwiesen sind wir der Frage nachgegangen, wie sich unterschiedliche Erntezeitpunkte auf den Biomasseertrag und speziell den Lupinenanteil am Biomasseertrag auswirken. Ziel war es, ein Mahdregime zu identifizieren, welches es ermöglicht, einen befriedigenden Ertrag für den Landwirt mit der Bekämpfung der Lupine zu verbinden.

Material und Methoden

Auf 2 Grünland-Flächen in der bayrischen Rhön, einem ehemaligen Borstgrasrasen (BG) und einer ehemaligen Goldhaferwiese (GH), die jeweils stark mit Lupine invadiert waren, wurde ein Feldversuch eingerichtet. Dieser beinhaltete 15 Wiederholungen von 8x8 m großen Plots, die zu 3 unterschiedlichen Zeitpunkten geerntet wurden. Jeweils 5 Plots wurden zum 15.06., 05.07. und zum 19.07.2017 geerntet. Die Frischbiomasse von 3x1 m² innerhalb dieser Plots wurde nach Lupine und nicht-Lupine sortiert und separat gewogen. Die Trockenmassen wurden bestimmt durch Trocknung im Trockenschrank bei 105°C für 48h. Aus den 3x1m² wurde dann ein Mittelwert für den 8x8 m Plot hochgerechnet, aus den 5 Wiederholungen pro Termin und Fläche dann jeweils ein Mittelwert gebildet. Ein 2. Schnitt fand auf allen Flächen gleichzeitig am 30.08.2017 statt. Die Probenahme und Mittelwertberechnung folgten demselben Muster wie beim ersten Schnitt, allerdings wurde hier nur jeweils 1m² pro 8x8 m Plot zur Berechnung herangezogen. Mittels ANOVA wurden die Mittelwerte des Frischmasseertrags, des Trockenmasseertrags und des jeweiligen Anteils der Lupine statistisch analysiert. Um die Effekte des Schnittzeitpunktes auf die Lupine abschätzen zu können, wird der Versuch 3 Jahre fortgeführt, die Ergebnisse des 1. Jahres (2017) stellen die Basislinie dar.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsdaten zeigten eine Abhängigkeit vom Erntezeitpunkt (Tab. 1). Je früher der 1. Ernteschnitt durchgeführt wurde, desto geringer war der Biomasseertrag im ersten Schnitt, sowohl bezogen auf Frischmasse als auch auf Trockenmasse. Im zweiten Schnitt hingegen, der für alle Varianten am gleichen Zeitpunkt stattfand, war der Frischmasse und Trockenmasseertrag höher für die zuerst geschnittene Variante und geringer für die später geschnittenen Varianten. Im Gesamtertrag aus beiden

Schnitten lag die Variante, deren 1. Schnitt am 15.06. war, am höchsten im Frischmasseertrag, aber am niedrigsten im Trockenmasseertrag. Die Unterschiede im Gesamtertrag waren statistisch nicht signifikant, weder für den Frischmasse- noch für den Trockenmasseertrag. Der Zeitpunkt des ersten Erntetermins bei gleichzeitig fixiertem 2. Erntetermin hat also keine Auswirkungen auf den Gesamtertrag sondern nur auf die Verteilung des Gesamtertrages auf die 2 Schnitte. Gesamterträge lagen im Rahmen bisheriger Forschungsergebnisse im Extensivgrünlandbereich (Hensgen et al. 2012).

Tab. 1: Ertragsdaten (t/ha) zweier lupineninvasierter Flächen in der Rhön in Abhängigkeit des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes, arithmetisches Mittel $\pm$ Standardfehler des Mittelwertes.

Datum	1. Schnitt		2. Schnitt		Gesamt	
	FM (t/ha)	TM (t/ha)	FM (t/ha)	TM (t/ha)	FM (t/ha)	TM (t/ha)
15.06. + 30.08.	10.7 $\pm$ 1.1	2.6 $\pm$ 0.2	3.7 $\pm$ 0.6	1.0 $\pm$ 0.1	14.4 $\pm$ 1.6	3.6 $\pm$ 0.3
05.07. + 30.08.	11.2 $\pm$ 1.4	3.2 $\pm$ 0.3	2.6 $\pm$ 0.5	0.7 $\pm$ 0.1	13.8 $\pm$ 1.6	3.8 $\pm$ 0.4
15.07. + 30.08.	11.2 $\pm$ 1.7	3.3 $\pm$ 0.4	2.8 $\pm$ 0.3	0.6 $\pm$ 0.1	14.0 $\pm$ 1.6	3.9 $\pm$ 0.4

Der Anteil an Lupine schwankte sehr stark auch innerhalb der Versuchsflächen. Dies ist erkennbar an hohen Standardfehlern der Mittelwerte (Tab. 2). Neben völlig lupinenfreien Messflächen gab es auch Flächen, deren Lupinenanteil bei über 60% lag. Da in Tab. 2 die Werte des ersten Jahres dargestellt sind, können noch keine Interpretationen über den Effekt des Schnittzeitpunktes auf den Lupinenantrag erfolgen, vielmehr stellen die Daten die Basislinie für die Untersuchungen dar und belegen, dass sich zu Beginn der Lupinenanteil zwischen den Versuchsvarianten nicht unterscheidet.

Tab. 2: Lupinenanteil (%) an der Gesamtbiomasse zweier lupineninvasierter Flächen in der Rhön in Abhängigkeit des Schnittzeitpunktes des ersten Schnittes, arithmetisches Mittel $\pm$ Standardfehler des Mittelwertes.

Datum	Lupinenanteil 1. Schnitt		Lupinenanteil 2. Schnitt		Lupinenanteil Gesamt	
	FM (%)	TM (%)	FM (%)	TM (%)	FM (%)	TM (%)
15.06. + 30.08.	36.9 $\pm$ 6.8	27.5 $\pm$ 5.4	29.6 $\pm$ 7.1	24.8 $\pm$ 6.7	35.7 $\pm$ 6.4	27.2 $\pm$ 5.2
05.07. + 30.08.	38.7 $\pm$ 7.7	28.7 $\pm$ 6.2	22.7 $\pm$ 4.9	17.5 $\pm$ 4.0	37.5 $\pm$ 6.3	27.8 $\pm$ 5.1
15.07. + 30.08.	40.9 $\pm$ 5.5	34.5 $\pm$ 5.0	38.5 $\pm$ 7.1	33.3 $\pm$ 6.9	41.5 $\pm$ 5.0	35.1 $\pm$ 4.6

Literatur

- Hejda, M., Pysek, P., Jarosik, V. 2009. Impact of invasive plants on the species richness, diversity and composition of invaded communities. *Journal of Ecology*, 97, 393-403.
- Hensgen, F., Bühle, L., Donnison, I., Fraser, M., Vale, J., Corton, J., Heinsoo, K., Melts, I., Wachendorf, M. 2012. Mineral concentrations in solid fuels from European semi-natural grasslands after hydrothermal conditioning and subsequent mechanical. *Bioresource Technology*, 118, 332-342.

Autorenverzeichnis

Amari K.....	61	Gabriel D.....	203
Amer N	148	Gayler S.....	39
Antonini S	140	Gerighausen H.....	71
Bach H.....	1	Gerstmann H	177
Bachinger J.....	134, 136	Gollner G	197
Baresel J.P.	74	Götze P.....	96, 179
Beiküfner M	155	Graeff-Hönninger S.....	195, 219
Bellingrath-Kimura S.D.	23, 98, 136	Graß R	169, 183
Bischof R	21	Greef J.-M.....	124, 203
Bischoff W.-A.....	27	Griffiths P	63
Bloch, R.....	134	Grosse M	92
Böhm H.....	61	Gruber S	161, 199, 201
Böldt M	31	Grüner E	61, 65, 183
Bönecke E	73	Grunwald D.....	27
Bötzl M.....	163	Ha N	25, 146
Breitsameter L	73	Halwani, M	134
Brüggemann N	73	Hamer M.....	140
Buchner P.....	82	Hawkesford M.J.	7, 82
Buddeberg M	1	Hensgen F	37, 67, 221
Bukowiecki J.....	90, 165	Hermanns A.....	193
Bussink D.W.....	17	Hey K	112
Chen T.-W.	35, 73, 78, 80	Hierold W	92
Chmelíková L.....	185	Hoffmann C.....	151, 171
Christen O	181	Högy P	33, 39, 94
Claupein W.....	161, 195, 201, 219	Höller M.G.....	187, 191
Dehmer K.J.....	130	Honermeier B.....	84, 86, 88, 128, 144, 205, 213
Dolch C.....	41	Hostert P.....	63
Don A	104	Hufnagel J.....	98
Dreier C	153	Hülsbergen K.-J.	215
Ebmeyer H.....	151	Huynh T.H.....	98
Egamberdieva D.....	23	Ingwersen J	39, 94
Ehlers R.....	207	Jacobs A	104
Ehmann A.....	33	Juroszek P	29
Eichler-Löbermann B.....	21, 132	Kage H...19, 73, 76, 90, 100, 138, 165, 207	
Eitzinger J.....	211	Kamp L	219
Ellmer F	69	Kämpfer T	203
Euteneuer P.....	157	Karges K.....	136
Eyshi Rezaei E	45	Kaul H.-P.	108, 211
Fahrion-Nitschke A	104	Kavka M.....	130
Feike T.....	25, 53, 73, 146, 177	Kenter C.....	179
Fitzgerald G	108	Kern D.....	86
Frase N.....	187, 191	Kersebaum K.-C.	73
Freyer B.....	197	Ketter N.C.....	47
Fricke A	106, 173	Khalil H.E.....	217
Friedel J.K.	197	Kirschner C	106
Fuchs W	211		
Funke S	175		

Kleinhenz B	29	Panten K	27
Kleuker G	171	Pao Y.-C.	35, 142
Kluß C	31	Peter C	57, 59
Klussmann J	84	Pflugfelder A	195
Knapp S	74, 209	Piepho H.-P.	88, 110
Koal P	21	Pitann B	51
Koch H.-J	96	Poeplau C	104
Kögler F	43, 116	Pöhlitz J	181
Kohlbrecher M	126	Poyda A	39, 94
Koppensteiner L	108	Pude R	140, 187, 189, 191, 193
Kraska T	189	Racca P	29
Kraus J	195	Ratjen A.M.	90
Kremer P	39, 94	Rauber R	112, 167
Krieger J	69, 71	Rechner O	148, 150
Kücke M	124	Reckling M	136
Kühling I	126, 155	Reyer F	33
Kyere I	169	Riche A.B.	7
Ladewig E	179	Riemer N	159
Legner N	167	Rieps A.-M.	199
Leitenberger K	140	Röhl C	201
Léon J	41	Ros G.H.	17
Lewandowski I	33	Rose M	19
Lichthardt C	78, 80	Rose T	76, 165, 207
Lilienthal H	71	Roß C	102
Linnemann L	84	Roßmann A	82
Loges R	31	Rothardt S	138
Luthardt M	57, 59	Rücknagel J	181
Ma H	23	Rühl G	203
Macholdt J	88	Sadeghi A	144
Mahlein A.-K.	6	Sadeghi-Tehran P	7
Maidl F.-X.	215	Salama H.S.A.	217
Manschadi A.M.	108, 211	Saucke H	61, 159
Meinen C	167	Scheibreithner C	157
Migdall S	1	Scherf K.A	82
Möckel T	37, 61, 65, 67, 169, 221	Schieler M	159
Moll L	189	Schittenhelm S	27
Möller M	177	Schlegel J	21
Moualeu-Ngangue D.P.	35, 41, 49, 142, 153, 163	Schmid T	33
Mühling K.-H.	51, 82	Schmidt-Cotta V	199
Myint S.S.	49	Schoo B	124
Nagler S	76	Schulze-Brüninghoff D	67, 221
Nasirahmadi A	61	Schwabe S	161
Naumann A	167	Seeger J.N.	61
Nawar A.I	217	Sekyi-Appiah A	142
Nendel C	63	Shalan A.M.	217
Neubauer T	108	Shrestha L	61
Nezam Abadi S.M	150	Siebert S	45
Owino L	43	Siebrecht N	57, 59
Pahlmann I	19, 100, 138	Sieling K	100
		Sobko O	201

Söffker D.....	43, 116	Vergara M.....	126
Solbach J.A.	173	Vinzent B	120
Soltani A.....	25, 211	Virlet N.....	7
Steberl K.....	195	Völkening G	140, 187, 189, 191, 193
Steinkellner S	157	Wachendorf M	37, 65, 67, 169, 183, 221
Stock O.....	124	Wacker K	130
Stockfisch N.....	102	Wagentristl H	157
Stotter M.....	140	Walter A.....	11
Strauch R.....	53	Wang M	213
Streck T	39, 94	Weiser C.....	104
Streit J	167	Weselek A.....	33
Strenner M.....	215	Wesonga J.M.....	47
Sturm B.....	61	Wijesingha J	37
Stützel H.....	35, 41, 47, 49, 73, 78, 80, 106, 142, 150, 153, 163, 173	Wirth S.....	23
Surböck A.....	197	Wizemann H.-D.	94
Tahmasebi M.....	25, 53	Wolfrum S.....	57, 59, 175, 185
Taube F	31	Wollmer A.-C.	51
Then C.....	61	Wurbs A.....	98
Thiemann F	193	Yan F.....	86, 213
Trautz D.....	126, 155	Zach A	185
Uptmoor R	21, 41, 130	Zaller J.G.	157
Urban F.....	108	Zicker T.....	21, 132
Urban J.....	177	Ziebell H.....	61
Van Eekeren N	17	Ziesemer A	55
Vaziritabar Yavar	128, 205	Zikeli S	33, 199, 201
Vaziritabar Yazdan	128, 205		