

**Herausgegeben als
Mitteilungen der
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
Band 20
und
Vorträge für Pflanzenzüchtung
Heft 77**

„Biodiversität in der Pflanzenproduktion“

Beiträge in ausschließlicher wissenschaftlicher Verantwortung der jeweiligen Autoren

Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V.

Präsident: Prof. Dr. F. Taube
Geschäftsführerin: PD Dr. A. Herrmann

Geschäftsstelle:
Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung
Grünland und Futterbau/Ökologischer Landbau
Hermann-Rodewald-Straße 9
24118 Kiel
Straßenanschrift: Hermann-Rodewald-Straße 9, 24118 Kiel
Tel.: ++49(0)431/880-7420, Fax.: ++49(0)431/880-4568
e-mail: shoffmann@email.uni-kiel.de

Gemeinsame Tagung
der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften
und
der Gesellschaft für Pflanzenzüchtung (GPZ)
am 01. und 02. Oktober 2008

sowie
51. Jahrestagung der GPW
und
Friedrich-Körnicker-Symposium der GPZ
am 30. September 2008

in Göttingen

Biodiversität in der Pflanzenproduktion

Kurzfassungen der Vorträge und Poster

Herausgeber
S. Hoffmann, A. Herrmann, F. Taube
Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

VERLAG SCHMIDT & KLAUNIG KG
KIEL 2008

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.

ISBN
ISSN

Alle Rechte vorbehalten

Druck und Bindung: Schmidt & Klaunig KG Druckerei Verlag, Ringstraße 19,
Postfach 3925, 24038 Kiel, Tel.: 0431 66064

Inhalt

51. Jahrestagung der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften

Vorträge in Parallelsektionen (1a, 1b)

Sektion 1a

BECKER, K., LEITHOLD, G.: Die Verbesserung des Vorfruchtwertes von Winterweizen durch den Einsatz von legumen Untersaaten im Anbauverfahren Weite Reihe	1
BRAUN, M., SCHMID, H., GRUNDLER, T.: Vergleich verschiedener Klee-grasmischungen im ökologischen Landbau anhand der Wurzel- und Sprossleistung	3
HÜBNER, W., DOTZAUER, W., SCHMID, K.: Depot-Plant® - ein neuartiger organisch-mineralischer Dünger	5
JAROSCH, A.-M., NEUMANN, E., OLTMANN, E.M., RAUPP, J.: Auswirkung von Stallmistdüngung und Mineraldüngung auf Ertrag, Ertragskomponenten und Nährstoffentzug von Sommerweizen sowie auf die Verbreitung arbuskulärer Mykorrhiza ...	7
BROCK, C., LEITHOLD, G.: Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung der Humusreproduktion in Ackerbausystemen mit Humusbilanzmethoden.....	9
HARZER, N., CHRISTEN, O.: Konzeption und Umsetzung des DLG Nachhaltigkeitsstandards - Ergebnisse aus Landwirtschaftsbetrieben	11

Sektion 1b

HOFFMANN, C.: Regulation der Zuckerspeicherung von Zuckerrüben bei Trockenstress.....	13
MANDERSCHIED, R., ERBS, M., NOZINSKI, E., WEIGEL, H.J.: Freilanduntersuchungen (FACE) zur Wechselwirkung zukünftiger atmosphärischer CO ₂ -Konzentrationen und Sommertrockenheit auf Maisbestände	15
MÜLLER, J., BRAUNE, H., DIEPENBROCK, W.: Accounting for the plasticity of photosynthetic processes by the photosynthesis model LEAFC3-N	17
VALLURU, R., LINK, J., CLAUPEIN, W.: Identifying morpho-physiological traits associated with stem reserves in wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.).....	19
FEIKE, T., PFENNING, J., ZÜHLKE, G., GRAEFF-HOENNINGER, S., CLAUPEIN, W.: Determining basic growth parameters of 5 Chinese cabbage (<i>Brassica campestris</i> L. ssp. <i>Pekinensis</i>) cultivars for integration into the DSSAT cropping model.....	21
KLUGE-SEVERIN, S., HOFFMANN, C.: Winterrüben – Ertragsbildung von Zuckerrüben bei Aussaat im Herbst und im Frühjahr	23

Posterführungen in Parallelgruppen

Gruppe a

KRATZSCH, G., HOFMANN, B., CHRISTEN, O.: Zum Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die Erträge einer Löß-Schwarzerde bei variierter Anbauintensität.....	25
PISSORS, M., FRANKO, U., KÖRSCHENS, M., HOFMANN, B.: Einfluss der organisch-mineralischen Düngung auf Kartoffelerträge, Inhaltsstoffe und die N _{min} -Dynamik im IOSDV Bad Lauchstädt.....	27
GUSTMANN, K., SCHNEIDER, M., WAGNER, P., HOFMANN, B., CHRISTEN, O.: Erste Ergebnisse zur Streifenbearbeitung bei Mais unter verschiedenen Standortbedingungen im mitteldeutschen Trockengebiet.....	29
BÖHM, H.: Auswirkungen unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Ertrag und die Qualität der Blauen Lupine (<i>L. angustifolius</i>) im Ökologischen Landbau.....	31
FRERICHMANN, S. L. M., KOPISCH-OBUCH, F.J., HOHMANN, U., JUNG, C.: Establishment of a TILLING platform for sugar beet.....*	
JUNG, R., RAUBER, R.: Verteilung der Wurzelmasse von Leguminosen in niedersächsischen Ackerböden.....	33
RAUPP, J., JAROSCH, A.-M., OLTMANN, M.: Der Vorteil von Stallmist gegenüber pflanzlichem organischem Dünger für den Ertrag von Rotklee und den Humusgehalt des Bodens	35
BEINING, A., KOCH, H. J.: Vorfruchteffekte auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben - Erste Ergebnisse eines Dauerversuchs	37
ABELE, A., SAELE, W., HERMANN, W., GRAEFF, S., CLAUPEIN W.: Abbau unterschiedlicher ligninhaltiger Ernterückstände von Mais durch verschiedene Weißfäulepilze	39
ABELE, A., SCHNEIDER, T., GRAEFF, S., HERMANN, W., CLAUPEIN, W.: Saprophytische Wettbewerbsfähigkeit von Weißfäulepilzen gegenüber Fusarien	41
DEUMELANDT, P., CHRISTEN, O.: Interaktionen wichtiger Agrarumweltindikatoren in Zuckerrübenanbausystemen.....	43

Gruppe b

HERZOG, H., GRABE, M., GÖTZ, K. P.: Wirkung von Wasserangebot und N-Spät-Düngung auf die Wassernutzungseffizienz und den Ertrag von Weizengentypen	45
GRABE, M., HERZOG, H., GÖTZ, K. P.: Wirkung von N-Spätdüngung und Wasserangebot auf den Ertrag und die Qualität von Sommerweizen	47
MERBACH, W., DANZ, F., BESCHOW, H., GANS, W.: Symbiontische Luftstickstoffbindung und Ertrag von Blauen Lupinen (<i>Lupinus angustifolius</i> L.) in Abhängigkeit von Rhizobienimpfung und Mineraldüngung	49

LEHMEIER, C., LATTANZI, F., SCHÄUFELE, R., SCHNYDER, H.: Stickstoffmangel erhöht die Verweildauer von Kohlenstoff im respiratorischen Versorgungssystem von Deutsch Weidelgras	51
STREDA, T., DOSTAL, V., HRSTKOVA, P., HORAKOVA, V., CHLOUPEK, O.: Höhere Erträge mit höherem Stärkegehalt in dem sehr trockenen Jahr 2007 bei Weizen- und Gerstensorten mit größerer Wurzelsystemgröße	53
SAJID, A., HONERMEIER, B.: Effect of herbicides on photosynthetic yield and leaf yield in artichoke (<i>Cynara cardunculus</i> L.)	55
AZIZI, A., WAGNER, C., HONERMEIER, B., FRIEDT, W.: Efficiency of AFLP and SAMPL markers for surveying of genetic diversity among <i>Origanum vulgare</i> L. accesions.....*	
YAN, F., AZIZI, A., TADESSE, B., HONERMEIER, B.: Variabilität der Komponenten des ätherischen Öls von <i>Pimpinella anisum</i> L. in Abhängigkeit von der Herkunft.....	57

Gruppe c

HERMANN, W., CLAUPEIN, W.: Strip-Till bei Zuckerrüben – Neue Möglichkeiten mit automatischen Lenksystemen	59
LIMBRUNNER, B., MAIDL, F.-X.: Optimierung der Stickstoff-Düngung von Winter-raps (<i>Brassica napus</i>) mittels berührungsloser Sensorik	61
GRAEFF, S., TRUMPP, S., LINK, J., CLAUPEIN, W.: Ermittlung des Einflusses der Feldheterogenität auf die Ertragsstruktur von Mais mit Hilfe von Sensordaten und GIS	63
GRAEFF, S., LINK, J., CLAUPEIN, W.: The challenge of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the detection of plant diseases in winter wheat.....	65
WIENFORTH, B., SCHITTENHELM, S., WULKAU, S., BÖTTCHER, U., HERRMANN, A., SIELING, K., TAUBE, F., KAGE, H.: Standortgerechte Wahl von Energiepflanzen für die Biogasproduktion – Modellgestützte Analyse von Trockenstress-einfluss auf Ertragspotenziale von Silomais –	67
SCHIEMENZ, K., KERN, J., PAULSEN, H. M., EICHLER-LÖBERMANN, B.: Fruchtartenspezifische P-Ausnutzung aus Biomasseaschen	69
PERBRANDT, D., REULEIN, J., RICHTER, F., STÜLPNAGEL, R., WACHENDORF, M.: Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Presskuchen mechanisch entwässerter Silagen mittels der Nah-Infrarot-Spektroskopie	71
WRAGGE, V., GRUNER, P., ELLMER, F.: Einfluss von Gärprodukten aus der Biogaserzeugung mit Energiepflanzen auf Regenwurmpopulationen eines mittel schluffigen Sandbodens.....	73
SCHITTENHELM, S., NEUMANN, T.: Einfluss der Wasserversorgung auf Ertrag und Qualität beim Mischanbau zur Biogasnutzung	75

Gruppe d

LASER, H., SIEKMANN, B.: Einfluss von Tannin auf die Keimung von <i>Lotus corniculatus</i> L. und <i>Lolium perenne</i> L. bei variierten Umweltbedingungen.....	77
--	----

IV

SPIEß, H., WALDOW, F.: Zur Problematik von Befallsschwellenwerten bei Steinbrand an Öko-Saatgut	79
MOLNÁR, Z., GRUBER, S., CLAUPEIN, W.: Electrostatic treatment for seed improvement – does it work?	81
HRSTKOVA, P., DOSTAL V., STREDA, T., HORAKOVA, V., CHLOUPEK, O.: Brotqualität in Zusammenhang mit Kornvitalität von Weizen	83
STOCKMANN, F., MAST, B., GRAEFF, S., CLAUPEIN, W.: Acrylamid-Bildungs-potenzial ökologisch erzeugter Weizen- Dinkel- und Roggensorten.....	85
ROSE, A., STOCKMANN, F., GRAEFF, S., CLAUPEIN, W.: Acrylamidgehalt in Backmischungen konventioneller und ökologischer Herkunft	87
STOCKMANN, F., HEGMANN, E., GRAEFF, S., CLAUPEIN, W.: Acrylamid-Bildung von gepopptem Amaranth und Quinoa	89
MÜLLER, J., DITTMANN, L., BERENDONK, C., KALZENDORF, C., TECHOW, E.: Genotyp-Umwelt-Interaktionen bei qualitätsrelevanten Merkmalen charakteristischer Sortentypen des Deutschen Weidelgrases (<i>Lolium perenne</i> L.)	91

Vorträge in Parallelsektionen (2a, 2b)

Sektion 2a

GAUDCHAU, M., MAHMOOD, A., HONERMEIER, B.: Untersuchungen zur Gewinnung von Biomasse zur energetischen Verwertung aus Mais, Sonnenblumen und Sorghum.....	93
HERRMANN, A., MIEHE, A.K., TAUBE, F.: Potentielle ökologische Konsequenzen der Biogasproduktion – Monitoring zu Substratanbau und Gärrestverwertung in Schleswig-Holstein	95
Reinicke, F., Christen, O.: Auswirkungen einer verstärkten Produktionsausrichtung auf Biomassebereitstellung zur Energieerzeugung – Untersuchungen auf Basis von Praxisbetrieben	97
SENSEL, K., ELLMER, F.: Gärprodukte aus der Biogaserzeugung als Träger natürlicher Wachstumsregulatoren	99
WRAGGE, V., ELLMER, F.: Gärprodukte aus der Biogaserzeugung mit Energiepflanzen als Düngestoff im Pflanzenbau	101

Sektion 2b

AZIZI, A., RAUH P., YAN, F., HONERMEIER, B.: Einfluss unterschiedlicher Temperaturführung auf Blattertrag sowie auf den Gehalt und die Zusammensetzung des ätherischen Öls von <i>Origanum majorana</i> L..... *	
YAN, F., BEYER, E.-M., AZIZI, A., HONERMEIER, B.: Fruchtertrag sowie Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis (<i>Pimpinella anisum</i> L.) in Abhängigkeit von Saatzeit, Saatmenge und Sorte	103
SCHÄFER, T., FORCHMANN, K., MÜHLING, K.H., HONERMEIER, B.: Proteinmuster und Backqualität von Winterweizen (<i>Triticum aestivum</i> L.) unter dem Einfluss unterschiedlicher Stickstoff- und Schwefeldüngung	105

NEUKAM, D., BÖTTCHER, U., KAGE, H.: Sensorische Erfassung von Trockenstress zur Ableitung von teilflächenspezifischen Ertragspotenzialen - bestehende Probleme und methodische Ansätze zu ihrer Lösung	107
STRENNER, M., LIMBRUNNER, B., MAIDL, F.-X.: Abbildung der Pflanzenentwicklung bei Wintergerste mittels Reflexions- und Fluoreszenzmessungen	109

GPZ-Symposium: Friedrich Körnicke – 100 Jahre Forschung zur Evolution des Weizens

Plenarvorträge

HAMMER, K.: Friedrich Körnicke als Evolutionsforscher am Weizen.....	111
MEINEL, A.: Ein aufschlussreicher Briefwechsel zwischen Friedrich Körnicke und Wilhelm Rimpau	118
ZELLER, F.J.: Wildemmer (<i>Triticum turgidum</i> ssp. <i>dicoccoides</i>): seine Entdeckung und Bedeutung für die Weizenzüchtung.....	123
ÖZKAN, H.: Geography and domestication of wild emmer wheat (<i>Triticum dicoccoides</i>).....*	
LELLEY, T.: Neue Ergebnisse zur genetischen Struktur des 1RS-Chromosoms	128
SCHACHSCHNEIDER, R.: Wie schaffen Weizenzüchter genetische Variabilität für die Sortenentwicklung und den Züchtungsfortschritt?	134
HÄHNEL, U., ZAHN, M., ORDEN, F.: Erfassung der allelischen Diversität der CM3-Untereinheit des alpha-Amylase Inhibitors im Hinblick auf eine Reduktion des allergenen Potentials des Weizens.....	145
KUHNERT, A.: Beurteilung der genetischen Diversität für Blühzeit-Loci in Weizenlinien mittels molekularer Marker	151
AHLEMEYER, J.: Biomasse- und Biogas-Ertragsleistung von Winterweizensorten: Erste Hinweise auf Marker-Trait-Assoziationen.....*	
REIF, J.C., MELCHINGER, A.-E.: Diversitätstrends europäischer Maissorten.....	153

Gemeinsame Tagung von GPW und GPZ: Biodiversität in der Pflanzenproduktion

Plenarvorträge

Thema 1: Erfassung und Nutzung genetischer Diversität

Schmid, K.: Populationsgenetische Methoden zur Untersuchung pflanzen-genetischer Ressourcen.....	156
BÖRNER, A., NAGEL, M., LANDJEVA, S.: Genetische Diversität in <i>ex situ</i> Genbanken – Erhalt und Nutzbarmachung	159
SPIEB, H., LORENZ, N., HERRMANN, M., KOCH, E., MÜLLER, K.J.: Quellen von Brandresistenzen bei Weizen, Gerste und Hafer zur Nutzung im Ökologischen Landbau	162

LÉON, J., RODE, J., FRESE, L., AHLEMEYER, J., ORDON, F.: Aufbau von genetisch diversen Ramschpopulationen für die Wintergerstenzüchtung	166
---	-----

Thema 2: Acker- und Pflanzenbau, Fruchtfolge, Mischanbau

WERNER, A.: Hohe Biodiversität und hohe Produktionseffizienz im Ackerbau - Dilemma oder Chance?.....*	
CHRISTEN, O.: Haben Fruchtfolgen noch eine Bedeutung im modernen Pflanzenbau?	170
STÜLPNAGEL, R., VON BUTTLAR, C., HEUSER, F., WACHENDORF, M.: Chancen der Fruchtfolgeerweiterung im Energiepflanzenbau durch das Zweikultur-Nutzungssystem.....	174
NEUMANN, A., RAUBER, R.: Optimierung von Mischbeständen: Vergleich des substitutiven und additiven Ansatzes anhand eines Erbsen-Hafer-Gemenges ..	178

Thema 3: Krankheiten, Schädlinge, Unkräuter

VON TIEDEMANN, A.: Biodiversität und Pflanzenschutz - Risiko oder Nutzen?.....*	
KOCH, H.-J., PRINGAS, C., MÄRLÄNDER, B.: Fusarium head blight infection on winter wheat - Evaluation of management effects	182
GEROWITT, B.: Zwischen Biodiversität und Produktivität - Ackerunkräuter und deren Bekämpfung.....*	

Thema 4: Grünlandwirtschaft, Ökosystemleistung, Biomasse

BUCHMANN, N.: Biodiversität zur Erhöhung von Ökosystemleistungen: ein neuer Produktionsfaktor in der Graslandbewirtschaftung?.....*	
THUMM, U.: Graslanddiversität und Produktivität	186
STROH, H.G., KLIMEK, S., ISSELSTEIN, J.: Einfluss der Betriebsstruktur auf die pflanzliche Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland – Ein Vergleich von Mutterkuhhaltern und Milchviehbetrieben.....	190
HIMSTEDT, M., FRICKE, TH.: Erprobung der bildanalytischen Bestimmung von Leguminosenanteilen im Freilandversuch	194

Thema 5: Regelungsprozesse der Biodiversität

OTTE, A., REGER, B., SIMMERING, D., WALDHARDT, R.: Prognose der Veränderungen floristischer Biodiversität in Agrarlandschaften.....	196
SIEBRECHT, N., HÜLSENBERGEN, K.-J.: Bewertung des Biodiversitätspotenzials pflanzenbaulicher Systeme	197
HOFFMANN, J.: Lebensraumqualität für Vogelarten in Agrarlandschaften unter besonderer Berücksichtigung von Maisflächen und selbstbegrüntem Ackerbrachen	201
WAßMUTH, B.E., STOLL, P., TSCHARNTKE, T., THIES, C.: Verbesserung der Ackerwildpflanzen-Diversität in Randstreifen durch intraspezifische Aggregation	205

Posterführungen in Parallelgruppen

Gruppe A

BELAYNEH, A., FRIEDT, W., ORDON, F.: Genetic diversity of <i>Puccinia graminis</i> f. sp. <i>tritici</i> isolates from Ethiopia	207
DIETHELM, M., MIKOLAJEWSKI, S., WAGNER, C., RHIEL, M., HARTL, L., FRIEDT, W., SCHWEIZER, G.: <i>Fusarium</i> -Resistenz bei Winterweizen: von der Expression zum Kandidatengen	209
FREITAG, N., STAMP, P., MESSMER, R.: Charakterisierung Schweizer Maislandsorten	211
GERMEIER, C., HÖHNE, C.: Die Europäische <i>Avena</i> -Datenbank (EADB): ein Informationssystem für Forschung, Züchtung und Management pflanzengenetischer Ressourcen	213
GERMEIER, C.: Erhaltung genetischer Ressourcen des Hafers (<i>Avena</i> ssp.) im globalen Kontext. Ergebnisse einer Studie für den Global Diversity Trust.	215
HOFMANN, K., GREIF, P., EINFELDT, C., HOLZAPFEL, J., HERZ, M., SCHWEIZER, G.: Erhöhung des Resistenzpotentials der Gerste (<i>Hordeum vulgare</i> L.) gegenüber <i>Rhynchosporium secalis</i> durch Nutzung genetischer Diversität	217
HÖHNE, C., HACKAUF, B., GERMEIER, C., NACHTIGALL, M., HENNING, A., FRESE, L.: Genomic Laboratory Information System (GLIMS) – eine Entwicklungsinitiative zum integrativen Management von PGR-Daten	219
KEIL, T., LAUBACH, E., SHARMA, S., JUNG, C.: Breeding for resistance in barley gainst root lesion nematodes.....*	
KELM, C., WEBER, W.E., SAAL, B.: Genetische Kartierung Isolat-spezifischer Resistenzen gegen <i>Mycosphaerella graminicola</i> in Winterweizen	221
KUNERT, A., WENZEL, G., SCHÖN, C.C., SCHMOLKE, M.: Beurteilung der genetischen Diversität für Blühzeit-Loci in Weizenlinien mittels molekularer Marker ...	223
LANGHOF, M., HOMMEL, B., HÜSKEN, A., SCHIEMANN, J., WEHLING, R.W., RÜHL, G.: Koexistenzsichernde Maßnahmen beim Praxisanbau von gentechnisch veränderten und konventionellem Mais - Ergebnisse praxisnaher Feldversuche im Rahmen des BMELV-Forschungsprogramms zur Sicherung der Koexistenz.*	
ROITNER-SCHOBESBERGER, B., DOBOS, G., GIMPLINGER, D.M., KAUL, H.P.: Untersuchungen zur Ertragsstruktur, Blütenbildung und Kornentwicklung bei 2 Genotypen von Körneramarant (<i>Amaranthus</i> ssp.)	225
SCHMALENBACH, I., PILLEN, K.: Selektion von Introgressionslinien in Sommergerste mit dem Ziel der Verifikation von QTLs für agronomische Merkmale und Krankheitsresistenzen	227
SCHNEIDER, D., STAMP, P., LIEDGENS, M.: Exploring early vigour of Swiss maize landraces.....	229
VON WITZKE-EHBRECHT, S., LINK, W.: Einkornweizen als Modellobjekt der experimentellen Lehre.....	231

Gruppe B

AMAR, S., BECKER, H., MÖLLERS, C.: Genetische Variation und Vererbung des Phytosterolgehaltes im Raps (<i>Brassica napus</i> L.).....*	
BALCO, C., GIESEMANN, A.: Ertrag und Wassernutzung verschiedener Kartoffelgenotypen in Reaktion auf Trocken- und Hitzestress	233
CLEEMPUT, ST., BECKER, H.: Genetische Variation für den Blatt-Glucosinolatgehalt bei Raps	235
FRESE, L., GERMEIER, C., PINHEIRO DE CARVALHO, M., NACHTIGALL, M.: In-situ-Management pflanzengenetischer Ressourcen – vom Konzept zur Umsetzung	237
FULDA, S., STEGMANN, H., HORN, R.: Einfluss von Trockenstress auf Wachstum, Proteinexpression und Osmolytanreicherung bei der Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.)	239
Hahn, V., Ganßmann, M.: Nutzung Genetischer Ressourcen der Sonnenblume zur Erweiterung von Biogasfruchtfolgen	241
HAMRIT, S., KUSTERER B., FRIEDT, W., HORN, R.: Verifizierung positiver BAC-Klone am Restorerlocus <i>Rf1</i> der Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.) über BAC-Fingerprinting und BAC-End-Klonierung	243
HAMRIT, S., HAMADINO, M.I.A., FROELICH, W.: Melokhia (<i>Corchorus olitorius</i> L.) - a leafy vegetable in Egypt with a good market potential.....*	
JANSEN, G., JÜRGENS, H.-U.: Untersuchungen zur Variabilität des Rohfettgehaltes und des Fettsäuremusters in Blauen Süßlupinen.....	245
KRENTZ, G., HAMRIT, S., HORN R.: Charakterisierung der Genstruktur von <i>SLY1</i> in der Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.)	247
LEMKE, S., DREYER, F., WERNER, S., FRAUEN, M., LECKBAND, G., MITTASCH, J., MILKOWSKI, C., JUNG, C.: An EMS population of <i>Brassica napus</i> L. for TILLING.....*	
NAGEL, M., BÖRNER, A.: Inter- und intraspezifische Variabilität der Lebensfähigkeit von Saatgut der bundeszentralen <i>ex situ</i> Genbank in Gatersleben	249
REDDERMANN, A., HORN, R.: Klonierung von mitochondrialen <i>HindIII</i> -Fragmenten spezifisch für das PET2-Plasma der Sonnenblume (<i>Helianthus annuus</i> L.)	251
WOGIATZI-KAMOUKOU, E., MARQUARD, R., CHOULIARAS, N., TEGOU, A., VAGELAS, I., NTANTASIOS, A., TASSIOPOULOS, D.: Ergebnisse von Majorananbauversuchen in Griechenland	253
WOGIATZI-KAMOUKOU, E., TASSIOPOULOS, D., CHOULIARAS, N., TEGOU, A., MARQUARD, R.: Biodiversität von <i>Origanum</i> sp. aus der Wildflora Griechenlands.....	255

Gruppe C

BUDHAN, H. ULRICH, D., LOHWASSER, U., STRUCKMEYER, T., KRÜGER, H., BÖRNER, A., MARTHE, F.: Charakterisierung der genetischen Variabilität bei Petersilie (<i>Petroselinum crispum</i>).....	257
---	-----

HORNEBURG, B., BECKER, H.: <i>Phytophthora</i> -tolerante Tomaten im Freiland - Nutzung genetischer Ressourcen in Züchtung und Anbau	259
JÄGER, S.C., CAPISTRANO, G.G.G., HARLOFF, H.J., JUNG, C.: Y-Irradiation of wild beet translocation lines and monosomic addition lines in sugar beet carrying nematode resistance genes..... *	
LINK, W.: Visualisation of the genotypic structure of partially allogamous populations	261
LÖSCHE, M., SALAMA, H., GIERUS, M., HERMANN, A., TAUBE, F.: Untersuchung genotyp-bedingter Effekte auf die Proteinqualität von Deutsch Weidelgras (<i>Lolium perenne</i> L.)	263
POLREICH, S., MAASS, B.: Assessing the multipurpose use of contrasting cowpea plant types (<i>Vigna unguiculata</i> Walp.) to foster the improvement of leaf yield quality for human consumption.....	265
RUDLOFF, E., WEHLING, P.: Induzierte Mutationen zur Erhöhung der genetischen Variabilität bei der Blauen Süßlupine (<i>Lupinus angustifolius</i> L.).....	267
SAJER, O., SCORZA, R., ABBOTT, A., HORN, R.: Identifizierung von eng mit dem „Pillar“-Gen gekoppelten AFLP- und SSR-Markern beim Pfirsich (<i>Prunus persica</i>)	269
SCHULZE-BUXLOH, G., ABOU-ELWAFI, S., BÜTTNER, B., LEJEALLE, F., STICH, B., KOCH, G., WOLF, M., SCHECHERT, A., JUNG, C., MÜLLER, A.: Towards synchronization of flowering time for hybrid seed production: Genetic Mapping of Floral Transition Genes and QTL in Sugar Beet (<i>Beta vulgaris</i>)..... *	
SCHUSTER, M., HOBERG, E., SCHÜTZE, W.: Die Vielfalt der Anthocyane in Sauerkirsche, <i>Prunus cerasus</i> L., im Vergleich mit anderen Kirscharten, <i>Prunus</i> sp. .	271
SEYRING, M., EWALD, A., MÜLLER, A.: Screening zur In-vitro-Vermehrbarkeit von ausgewählten Cyclamenarten	273
ULRICH, D., POHLHEIM, F., SCHUMANN, E., OBRICHT, K.: Beurteilung des Aromaprofils und der züchterischen Potenziale zweier intergenerischer Hybriden aus der Kreuzung <i>Fragaria ×ananassa</i> Duch. cv. 'Mieze Schindler' mit <i>Potentilla palustris</i> L.	275
Gruppe D	
BUGDAHL, B., RAUBER, R.: Eignung von Erbsensorten als Gemengepartner mit Hafer	277
KIEBLING, D., KÖPKE, U.: Nährstoffaufnahme in Ackerbohnen-Ölfrucht-Gemengen .	279
KNÖRZER, H., GRAEFF-HÖNNINGER, S., CLAUPEIN, W.: Evaluation of Intercropping Systems with Cereals in China and the Potential for Adjustment using a Crop Model Approach	281
MENKE, CH., RAUBER, R.: Anbau von Winterzwischenfrüchten und Mais zur Biogaserzeugung	283
MAYUS, M., PALMA, J., MÖNDEL, A.: Vergleichende Untersuchung zur Effizienz der Energieproduktion von <i>Populus</i> in einer Plantage und im Agroforstsystem .	285

BAUER, B., GRAß, R., STÜLPNAGEL, R., WACHENDORF, M.: Nutzung von Staudenknöterichgewächsen (<i>Reynoutria HOUTT.</i>) als Beitrag zur Biodiversität bei der energetischen Biomasseverwertung	287
HINCK, S., MUELLER, K., EMEIS, N., CHRISTEN, O.: Abgrenzen von Teilflächen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit (Anwendungsbeispiel).....	289
BANHARDT, A., GRUBER, S., CLAUPEIN, W.: Wirkung von Gehölzhäcksel auf das Unkrautvorkommen im Ökologischen Landbau.....	291
STUMM, C., KÖPKE, U.: Spätverunkrautung in ökologisch angebauten Kartoffeln mit Untersaaten regulieren	293
REGAN, K., GRUPER, S., CLAUPEIN, W.: Volunteer maize – a new source for gene dispersal in temperate zones?.....	295
Gruppe E	
DITTMANN, L., SCHÖNFELD-BOCKHOLT, R.: Biodiversitätsbewertung von Grünlandflächen in Mecklenburg-Vorpommern.....	297
SCHÖNFELD-BOCKHOLT, R.: Der Einfluss von Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Mulchen auf die Alpha - Biodiversität höherer Grünlandpflanzen	299
ALABSI, E., DITTMANN, L., BOCKHOLT, R., CZYZ, H.: Einflüsse von Düngung und Nutzung auf die Biodiversität und das botanische Arteninventar von Grünlandparzellen	301
ELSÄSSER, M.: <i>Colchicum autumnale</i> und Maßnahmen zur Unterdrückung.....	303
ELSÄSSER, M., GOYERT, C.: Differenzierte Futteraufnahme von Galloway- und Hinterwälderrindern bei <i>Colchicum autumnale</i>	305
BELKINA, M., MATTERN, T., LASER, H.: Vergleich der Regeneration von Narbenschäden nach Winterbeweidung durch Rinder und Pferde	307
BIEWER, S., FRICKE, T., WACHENDORF, M.: Auswertung hyperspektraler Datensätze mittels MPLS zur Bestimmung des Trockenmasseertrages von Leguminosen/Gras-Gemengen	309
RICHTER, F., KUSCHNEREIT, S., GRAß, R., FRICKE, T., WACHENDORF, M.: Energetische Nutzung von Grünlandsilagen extensiver Standorte durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB)	311
VAN ELSSEN, T., MEYER, S., LEUSCHNER, C.: Schutzäcker – ein Konzept zur Erhaltung und Förderung der Diversität der Ackerwildkrautvegetation in Deutschland	313
HOTZE, C., VAN ELSSEN, T., OTTO, M., HAASE, T., HEß, J.: Praktische Naturschutzmaßnahmen zur Förderung der Biodiversität im Ökologischen Landbau – Förderung standortgemäßer Segetalvegetation auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen	315
ULBER, L., STEINMANN, H.H., ISSELSTEIN, J.: Unkrautvegetation in Winterweizen unter dem Einfluss von Kulturartendiversität und Bewirtschaftungspraxis	317
LANG, J., GODT, T.: Biodiversität im Ökologischen Landbau fördern: Wirbeltiere auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen.....*	

FARZANEH, M., WICHMANN, S., GIMPLINGER, D.M., KAUL, H.-P.: Beeinflusst die Inokulierung mit Mykorrhiza die Biomassebildung von Kichererbse und Gerste?	319
--	-----

Gemeinsame Tagung von GPW und GPZ 2008

Vorträge ‚Ernst-Klapp-Zukunftspreis‘

BUHRE, C.: Auswirkungen des Befalls mit <i>Rhizoctonia solani</i> auf Zuckerrüben und Mais sowie Möglichkeiten der integrierten Kontrolle.....	321
EICKLER, B.: Variierende Polyphenoloxidase-Aktivität in Rotklee als potentieller Faktor für eine gesteigerte Proteinverwertung beim Wiederkäuer.....	325
HAASE, T.: Ökologischer Anbau von Verarbeitungskartoffeln – Zum Einfluss ackerbaulicher Maßnahmen auf Ertrag und Qualität des Rohstoffes sowie des verarbeiteten Produktes.....	329
KESTING, S., ISSELSLSTEIN, J.: Die Verbuschung artenreichen Grünlands aus agronomischer und ökologischer Sicht.....	333
STINNER, P.-W., DEUKER, A., MÖLLER, K., LEITHOLD, G.: Pflanzenbauliche Auswirkungen der Biogaserzeugung, untersucht am Beispiel eines viehlosen ökologischen Anbausystems.....	337
WEBER, E.A.: Acrylamid in Getreideprodukten - Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduzierung von Acrylamidvorstufen im Korngut.....	341

* Beitrag lag bei Redaktionsschluss nicht vor.

Die Verbesserung des Vorruchtwertes von Winterweizen durch den Einsatz von legumens Untersaaten im Anbauverfahren Weite Reihe

K. Becker & G. Leithold

Einleitung

Das Anbauverfahren Weite Reihe ist ein System, was durch einen Reihenabstand von 50 cm gekennzeichnet ist. Die im Vergleich zur Normsaat veränderte Standraumzumessung für die Einzelpflanze bewirkt im allgemeinen eine Erhöhung der Proteineinlagerung in das Korn (Hof et al. 2005, Becker 2007), so dass dieses Verfahren vorrangig für die Produktion von Backweizen angewandt wird. Die Reihenzwischenräume können für eine Ansaat von lichtbedürftigen Untersaaten genutzt werden und mit einem speziellen Reihenummulcher während der Vegetation in Ihrem Wachstum reguliert werden. Ziel dieser Arbeit ist es, die Leistungen der Untersaaten im Anbauverfahren Weite Reihe für die Folgefrucht zu bewerten.

Material und Methoden

Die zweijährigen Messungen zur Vorruchtwirkung der Untersaaten (US) im Anbauverfahren Weite Reihe wurden anhand der Kultur Kartoffel in den Jahren 2005 und 2006 durchgeführt. In Vorbereitung dazu wurden auf dem Standort Wetterau in Hessen (Bad Homburg, Parabraunerde aus Löß, 75 Bodenpunkte, durchschnittlicher Niederschlag 480 mm/a) jeweils die Vorrucht Winterweizen in unterschiedlichen Varianten angebaut (Tab. 1).

Tab. 1: Prüffaktoren des Feldversuches Bad Homburg

Prüffaktoren	Prüfstufen
Kontrolle K	k: im Vorjahr begrünte Brache (Rotklee)
Prüffaktor A	Reihenweite der Hauptfrucht a ₁ : übliche Reihenweite 12,5 cm a ₂ : Weite Reihe 50 cm
Prüffaktor B	Untersaaten der Hauptfrucht b ₁ : ohne Untersaaten b ₂ : mit Untersaaten
Wiederholungen	4
Parzellenbreite	3 m (Maschinenbreite)
Parzellenlänge	20 m

Der Winterweizen wurde in den Reihenweiten 12,5 cm und 50 cm angebaut, jeweils mit und ohne Untersaat Rotklee. Die Varianten 50 cm wurden einmal zur Aussaat der Untersaaten gehackt und die Untersaaten in der Variante 50 cm mit einem Reihenummulcher gepflegt. In den Varianten mit 12,5 cm Reihenweite wurde die Unkrautregulierung mit einem Striegel durchgeführt. Die Kontrollvariante bestand aus einer einjährigen Rotkleebrache, welche zeitgleich mit der Untersaat Rotklee Anfang April etabliert wurde. 2004 wurde die Sorte Capo angebaut mit einem mittleren Ertrag von 43 dt/ha (TS), 2005 die Sorte Tamaro mit einem Durchschnittsertrag von 60 dt/ha (TS). Unter diesen Bedingungen wurden bei 50cm Reihenweite ca. 10 % weniger gegenüber 12,5 cm Reihenweite geerntet (Tab. 2).

Tab. 2: Kornerträge (dt/ha TS) von Winterweizen in Abhängigkeit von Reihenweite und Untersaaten (US); Standort Wetterau

	Reihenweite / Untersaaten			
	12,5 cm	12,5 cm US	50 cm	50 cm US
2004 Sorte Capo	42,6a ¹⁾	36,5a	47,6a	47,6a
%	100	86	112	112
2005 Sorte Tamaro	62,0a	63,6a	56,9b	56,6b
%	100	103	92	91

1) verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$ (Wechselwirkungen Jahr*Behandlung sign.)

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersaaten in den Weizenbeständen wirkten sich positiv auf den Kartoffelertrag 2005 aus. Im Vergleich zur Vorfrucht Grünbrache wurde nach Weite Reihe mit Untersaat 93,5 % der Ertragsmenge realisiert, nach Normalsaat mit Untersaat 80 %. Ohne Untersaaten in der Vorfrucht wurde gegenüber der Kontrollvariante Grünbrache etwa die Hälfte des Kartoffelertrages geerntet (Tab. 3).

Tab. 3: Erträge von Kartoffeln nach Grünbrache und differenziertem Winterweizenanbau im Vorjahr, Standort Wetterau

Vorfrucht-system	Vorfrucht Weizen, Reihenweite / Untersaaten				
	Grünbrache	50 cm US	12,5 cm US	50 cm	12,5 cm
Kartoffelernte 2005					
dt / ha FM	371a ¹⁾	347a	297b	210c	184c
%	100	93,5	80	56,6	49,6
Kartoffelernte 2006					
dt / ha FM	274a	238b	125c	112c	96c
%	100	87	45	41	35

¹⁾ verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede, Tukey-Test: $\alpha \leq 0,05$

Die Kartoffelernte 2006 fiel um ca. 100 dt/ha (FS) niedriger aus als im Vorjahr. Nach dem sehr ertragsstarken Weizenjahr 2005 (vgl. Tab. 2) konnten die Untersaaten unter der Normalsaat nicht wirksam werden. Im Vergleich zu den Vorfruchtvarianten ohne Untersaaten konnte kein Mehrertrag bei den Kartoffeln erreicht werden. Dagegen hatten die Untersaaten in der Weizenanbauform Weite Reihe eine deutliche Wirkung. Hier verdoppelte sich der Kartoffelertrag gegenüber den Varianten ohne Untersaaten. Im Vergleich mit der Kontrollvariante Vorfrucht Grünbrache wurde eine Ertragsleistung von annähernd 90 % erreicht.

Die Ergebnisse zeigen, dass unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus grundsätzlich eine Etablierung von legumen Untersaaten für eine Ertragssteigerung der Folgefrüchte sinnvoll sein kann (Kartoffelertrag 2005 und 2006). Bei einer starken Deckfrucht hat eine erhöhte Reihenweite gegenüber einer Engsaat deutliche Vorteile (Kartoffelertrag 2006).

Literatur

- Hof, C., K. Schmidtke, R. Rauber (2005): Wirkung des Gemengeanbaus mit Körnerleguminosen sowie d. Standraumzuteilung und d. Saatstärke auf Kornertrag und Kornproteing. von Winterweizen. In J. Heß und G. Rahmann (Hrsg.): Beitr. zur 8. Wissenschaftst. zum ö. L., Kassel
- Becker, K. (2006): Weitreihenbau von Winterweizen im Ökologischen Landbau: Möglichkeiten zur Verbesserung von Backqualität und Vorfruchtwert, Logos Verlag Berlin, ISBN 978-3-8325-1540-9 sowie [URL:http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4705/](http://geb.uni-giessen.de/geb/volltexte/2007/4705/)

Vergleich verschiedener Kleegrasmischungen im ökologischen Landbau anhand der Wurzel- und Sprossleistung

M. Braun, H. Schmid* & T. Grundler

Einleitung

Die Futterleguminosen übernehmen in ökologisch wirtschaftenden Betrieben die Rolle der Versorgung des Bodens mit Stickstoff (symbiotische N₂-Fixierung) und Kohlenstoff (Zufuhr organischer Substanz). Zudem stellen Kleegrasgemenge für viehhaltende Betriebe eine wertvolle Futterbasis dar.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden 2007 auf dem Bioland-Betrieb Braun, südlich von Freising (Bodenart: UT-Tu, mittlere Jahrestemperatur: 7,6 °C, mittlerer Jahresniederschlag: 800 mm) durchgeführt. Im Feldversuch wurde eine handelsübliche Kleegrasmischung (NF3) mit Mischungen mit erhöhtem Leguminosen- und Kräuteranteil (FMB und GDM) verglichen. Hauptbestandbildner der handelsübliche Mischung NF3 waren *Trifolium pratense*, *Lolium perenne*, *Festuca pratense*, *Dactylis glomerata*; der Mischung FMB *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Festuca arundinacea*, *Bromus erectus*, *Plantago lanceolata*; der Mischung GDM *Medicago sativa*, *Medicago lupulina*, *Festuca arundinacea*, (*Pimpinella saxifraga*).

Für die Untersuchungen wurden Gründüngung (Mulch) und Futternutzung (Schnitt) untersucht. Zu jeder Nutzung erfolgten eine Ertrags-, N-Gehaltsbestimmung im Erntegut, sowie die Ertragsanteilsschätzung. Die Wurzelbeprobung (Krume) erfolgte mit der Bohrkernmethode (Böhm 1979). Es wurde die Wurzellänge, -radius sowie trockenmasse bestimmt. Zur 3. Nutzung wurde der Wurzeltiefgang an Profilgruben mit der Ausgrabungsmethode bestimmt. Die symbiotische N-Fixierleistung wurde nach Hülsbergen (2003) und Heuwinkel (1999) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Mit zunehmender Nutzungsdauer verschob sich die Bestandeszusammensetzung zugunsten der Gräseranteile. Einige der Kräuter konnten sich, trotz intensiver Nutzung (Schnitt und Mulch) gut in den Mischungen FMB und GDM behaupten.

Die Mischungsvarianten unterschieden sich im Sprossertrag nicht (Tab. 1). Die Nutzung hatte keinen Einfluss auf die ober- und unterirdische Biomassebildung. Die Wurzellänge spiegelt den hohen Feinwurzelanteil der Gräser wider, sodass die Mischung GDM deutlich geringere Wurzellängen erreicht. Die höchsten Wurzelmassen weist die FMB aufgrund der hohen Wurzellänge und des hohen Anteils an dicken Wurzeln auf. Die geringere Wurzellänge verbunden mit höheren Wurzelradien führt bei der GDM zu ähnlichen Wurzelmassen wie bei der Mischung NF3 unter umgekehrtem Vorzeichen (geringer Wurzelradius und hohe Wurzellänge).

Für die grasreiche (und im N-Gehalt deutlich niedrigere) Mischung NF3 wurde ein geringerer N-Entzug ermittelt. Für die legumionsenreichen Mischungen FMB und GDM werden deutlich höhere N₂-Fixierleistungen (450-550 kg N ha⁻¹) berechnet als für die NF3-Mischung (120-150 kg N ha⁻¹). Diese berechneten N₂-Fixiermengen stimmen sehr gut mit den in der Literatur beschriebenen Mengen überein. Hierbei ist jedoch darauf hinzuweisen, dass die N₂-Fixierleistung der Mulchvarianten, in Folge

* Fachhochschule Weihenstephan, Fakultät Land- und Ernährungswirtschaft, Freising
* TU München, Lehrstuhl für Ökologischen Landbau, Freising

des hohen N-Pegels im Boden (Mineralisierung aus dem Mulch) wahrscheinlich nur 2/3 der Fixierleistung der Schnittvarianten erreicht (vgl. Heuwinkel et al. 2005).

Tab. 1: Kenndaten der Biomassebildung, des N-Entzuges und der C-Bindung

	ME	NF 3		FMB		GDM	
		Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt	Mulch	Schnitt
Sprossertrag	dt TM ha ⁻¹	165 ^a	162 ^a	165 ^a	159 ^a	164 ^a	162 ^a
Stoppel 7 cm	dt TM ha ⁻¹	10	10	10	10	10	10
Wurzelmasse	dt TM ha ⁻¹	53 ^a	52 ^a	73 ^b	78 ^b	60 ^a	57 ^a
Wurzellänge	km m ⁻²	138 ^a	132 ^a	128 ^a	136 ^a	99 ^b	93 ^b
N-Entzug	kg N ha ⁻¹	458	445	526	504	542	558
N symb. Gesamt	kg N ha ⁻¹	120	150	469	455	537	546
Gesamt-Biomasse	dt C ha ⁻¹	100	100	108	108	105	101
im Bd. verbleibend	dt C ha ⁻¹	100	26	108	36	105	28
Humus-Zufuhr	dt Hu-C ha ⁻¹	23	7	24	10	22	7

Signifikante Unterschiede sind durch unterschiedliche Buchstaben gekennzeichnet (T-Test, p = 0,05)

Die gesamte Biomassebildung setzt sich aus den über die Vegetation aufsummierten Sprosserträgen, den zur letzten Ernte zurückbleibenden Ernterückständen (Stoppelmasse) und der Wurzelmasse zusammen. Bei Berücksichtigung der abgefahrenen Sprossmasse der Schnittvarianten und der C-Gehalte in Spross (45 %) und Wurzel (41 %) lässt sich die dem Boden zugeführte organische Substanz bestimmen. In den Schnittvarianten werden dem Boden 26-36 dt C ha⁻¹, in den Mulchvarianten 100-108 dt C ha⁻¹ zugeführt (Tab. 1).

Die zugeführte organische Substanz wird in Abhängigkeit vom C/N-Verhältnis und der stofflichen Beschaffenheit humifiziert, sodass sich in den Schnittvarianten eine Humus-C-Zufuhr von 7-10 dt Humus-C ha⁻¹, in den Mulchvarianten von 22-24 dt Humus-C ha⁻¹ ergibt. Bei der Berechnung der Werte sind lediglich die Wurzeln zur Ernte berücksichtigt. Während der Vegetation bereits umgesetzte Wurzeln sowie Rhizodepositionen wurden nicht in die Berechnungen einbezogen. Diese zur Ernte ermittelte Wurzelmenge macht jedoch nur 30-50 % der insgesamt während der Vegetationsperiode gebildeten Wurzelmenge aus (Sauerbeck und Johnen 1976).

Die Zusammensetzung von Kleegrasmischungen hat einen großen Einfluss auf die Wurzelleistung. Die Mischungen FMB und GDM zeigen, dass ein großes Potenzial besteht Kleegrasgemenge hinsichtlich Wurzelleistung, Sprossleistung, Artenvielfalt und Schmackhaftigkeit (Tiergesundheit) zu optimieren.

Literatur

- Böhm, W. (1979): Methods of Studying Root systems. Springer-Verlag, Berlin.
- Heuwinkel, H. (1999): N₂-Fixierung von Körnerleguminosen: Aussagekraft und Weiterentwicklung vorhandener Meßmethoden am Beispiel *Lupinus albus* L.. Dissertation, TU München.
- Heuwinkel, H., Gutser R. & Schmidhalter, U. (2005): Auswirkung einer Mulch- statt Schnittnutzung von Klee gras auf die N-Flüsse in einer Fruchtfolge. Forschung für den ökologischen Landbau in Bayern. Ökolandbautag am 16.02.2005 in Weihenstephan, Tagungsband 6, 71-79.
- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Habilitation. Verlag Aachen

Depot-Plant® - ein neuartiger organisch mineralischer Dünger

W. Hübner, M. Dotzauer & K. Schmid

Einleitung

Die Wehling-Maschinenbau GmbH stellt unter anderem Pelletpressen in verschiedenen Leistungsklassen her. In den vergangenen Jahren wurde auf der Basis von Kompost ein Pelletdüngemittel hergestellt und in Praxisbetrieben eingesetzt. Je nach Anwendungszeitpunkt und Kundenwünschen wird Kompost mit verschiedenen mineralischen Düngemitteln zu lager- und streufähigen Pellets verpresst. Seit 2007 experimentiert das Unternehmen mit Gärrückständen aus der Biogasproduktion als organische Trägersubstanz und entwickelte zu diesem Zweck eine innovative Trocknungstechnik mit wesentlich geringerem Energieeinsatz als bisherige Verfahren. Die Einsatzempfehlungen in der Landwirtschaft basieren auf sehr positiven aber nur wenig belastbaren Ergebnissen aus Praxisversuchen. Nach Angaben der Hersteller wurden bei 50 % reduziertem Stickstoffeinsatz über Depot-Plant® gleiche Ergebnisse erzielt werden wie mit der üblichen mineralischen

Praxisergebnisse

Bei kontrollierter Ernte ergaben sich 2007 ähnliche Ergebnisse (Tabelle 1). Zu den Winterfruchtarten wurde die gesamte Stickstoffdüngung mit Depot-Plant® bereits vor der Aussaat im Herbst in den Boden gebracht, während die mineralische Düngung ortüblich erfolgte.

Tabelle 1: Ergebnisse aus Praxisbetrieben

Betrieb	Fruchtart	Verhältnis N-Düngung	Ertrag (dt/ha)*		Diff. Ertrag (%)
		Depot:min.	Depot-Plant	min. N	Depot:min.
Roloff	W-Raps	0,5	20,9	22,1	-5,5
Altensalzwedel	W-Gerste	0,66	40,6	41,9	-3,2
	Silomais	0,5	180	205	-13,8
Meyer	W-Weizen	0,66	57,4	51	+12,5
Wolmirstedt	W-Roggen	0,66	46,1	41	+12,5
	Silomais	0,66	154	175	-13,6

* Getreide 86% TS, Silomais TS, W-Raps OS

Gefäß- und Feldversuche

Seit 2007 werden in Gefäß- und Feldversuchen durch N-Steigerungsreihen mit beiden Düngerarten bei Ausgleich der komplementären P- und K-Mengen diese Annahmen überprüft. Bisher standen nur die Sommerfruchtarten Silomais und Sommerweizen in Exaktversuchen. In den Gefäßversuchen konnten Vorteilswirkungen des Depot-Plant® bei höheren N-Mengen nachgewiesen werden, doch erreichten diese nicht annähernd das Niveau der bisherigen Praxisergebnisse. Beim Sommerweizen im Gefäßversuch (Tab. 2) wirkte der Nährstoff aus beiden Düngerarten fast gleich. Lediglich in der höchsten N-Steigerung war ein Vorteil des Depot-Plant® zu erkennen. Eine ähnliche ebenfalls unsichere Tendenz zeigt sich im Feldversuch

mit Sommerweizen (Tab. 3). Abbildungen 1 und 2 zeigen die Ergebnisse des Silomais. Erst bei höheren Stickstoffgaben in Form von Depot-Plant® (150 kg N/ha) reagiert Silomais mit Mehrerträgen gegenüber den mineralisch gedüngten Varianten. Im Gefäßversuch war mit 4 g N/Gefäß in beiden Düngungsvarianten das Ertragsmaximum überschritten.

Tabelle 2: Ertrag Sommerweizen Gefäßversuch 2007

	N (g/Gefäß)	Ertrag*		rel. (%)
		Depot	min.	Depot:min.
Korn	0,5	19,5	19,4	100,9
Korn	1	29	26,4	109,8
Korn	1,5	27	26,9	100,2
Korn	2	18,7	17,1	109
Stroh	0,5	25,7	26,5	97,1
Stroh	1	30,9	32,2	96,1
Stroh	1,5	35,5	35,5	100
Stroh	2	37,3	35,9	104,1

* Angaben in g TS/Gefäß

Tabelle 3: Ertrag Sommerweizen Feldversuch 2007

	N kg/ha	Ertrag*		rel. (%)
		Depot	min.	Depot:min.
Korn	50	36	37,4	96,4
Korn	100	34,6	36,6	94,5
Korn	150	38,9	33,2	117,1
Stroh	50	48,5	48,9	99,2
Stroh	100	55,5	57,5	96,4
Stroh	150	57,4	56,7	101,3

* Angaben Korn 86% TS, Stroh in TS

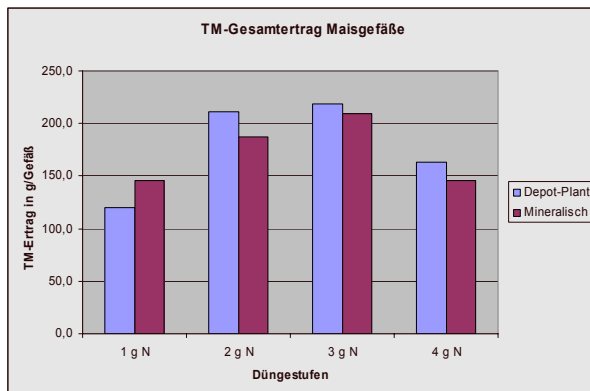


Abb. 1: Ertrag Silomais im Gefäß (g TS/Gefäß)

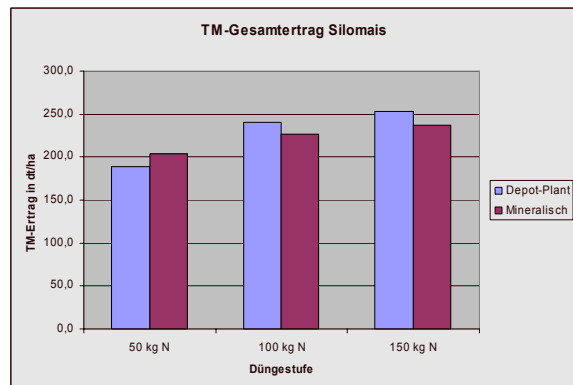


Abb. 2: Silomaiserträge Feldversuch (dt/ha TS)

Fazit

Die auffälligen Vorteilswirkungen der Düngung mit Depot-plant® aus den Praxisversuchen konnten in den Gefäß- und Feldversuchen 2007 nicht bestätigt werden. Sommerfruchtarten reagieren auf Depot-Plant® anders als Winterfruchtarten. Bei Sommerfruchtarten kann auch nicht der Vorteil der Vorwinterausbringung genutzt werden. Deshalb wurden im Herbst 2007 Parzellenfeldversuche mit Winterweizen und Winterraps angelegt. Die Ergebnisse werden mitgeteilt.

Auswirkung von Stallmistdüngung und Mineraldüngung auf Ertrag, Ertragskomponenten und Nährstoffentzug von Sommerweizen sowie auf die Verbreitung Arbuskulärer Mykorrhiza

A.-M. Jarosch, E. Neumann*, M. Oltmanns & J. Raupp

Einleitung

Bodentrockenheit erschwert die Nährstoffversorgung der Pflanzen, da die Mobilität der Nährstoffe in der Bodenlösung zurück geht und die Mineralisation eingeschränkt ist. Nützliche Mikroorganismen wie die arbuskulären Mykorrhizapilze (AMP) können das Pflanzenwachstum bei Bodentrockenheit verbessern (Augé, 2001). Es ist jedoch wenig darüber bekannt, wie verschiedene Düngerarten die Mykorrhiza-Symbiose bei Bodentrockenheit beeinflussen und ob dadurch der Ertrag der Pflanzen verbessert werden kann. Dies haben wir in einem Langzeitversuch mit Stallmist- und Mineraldüngung auf einem sandigen Boden untersucht.

Material und Methoden

Das Versuchsfeld liegt nahe Darmstadt (49° 50' N, 8° 34' E; 100 m NN) auf einer sandigen Braunerde in trocken-warmem Klima (590 mm, 9,5 °C). Die untersuchten Düngerarten waren Rottemist mit allen biologisch-dynamischen Präparaten (RMBD) und Mineraldüngung (MIN; Kalkammonsalpeter, Superphosphat, Kalimagnesia). Beide Dünger wurden in niedriger und hoher Dosierung eingesetzt, berechnet nach dem Gesamt-N-Gehalt von 60 bzw. 140 kg ha⁻¹. Sommerweizen (*Passat*) wurde am 21.03.07 ausgesät (471 kKö m⁻²). Die Vorfrucht war Alexandrinerklee. Die Niederschlagswerte waren im März 56 mm, im April 1 mm, im Mai 155 mm, im Juni 86 mm und im Juli 91 mm. Im Mai und Juni wurden insgesamt 23 mm beregnet. Am 10. Juli wurden Bodenproben gezogen (0-5 und 5-10 cm), um die AMP-Sporendichte (Nasssiebung) und die AMP-Infektionsrate der Weizenwurzeln (Trypan-Blau-Färbung) zu bestimmen. Am 01.08. wurde der Weizen geerntet. Die Daten wurden varianzanalytisch ausgewertet (Split-Block-Modell). Signifikante Mittelwertsunterschiede (p<0,05) sind mit ungleichen Buchstaben gekennzeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Kornertrag lag im Mittel der Varianten bei 30 dt ha⁻¹, was ungewöhnlich wenig war. Dies war sicher durch die Trockenheit im Frühjahr bedingt, die eine schlechte Bestandesentwicklung nach sich zog. Davon waren die mineralisch und die organisch gedüngten Pflanzen aber in verschiedener Weise betroffen. Die hohe Mineraldüngung brachte einen signifikant geringeren Ertrag von 24,6 dt ha⁻¹ als alle anderen Varianten, trotz tendenziell höherer Bestandesdichte (Tab. 1). Bei höherer Düngermenge (organisch wie mineralisch) ging das Tausendkorngewicht zurück, und es wurde eine deutlich höhere Strohmenge gebildet. Das Stroh enthielt nach mineralischer Düngung in beiden Stufen sehr viel mehr Stickstoff als bei Mistdüngung. Somit war der N-Entzug der vegetativen Pflanzenmasse bei Mineraldüngung beträchtlich größer als bei Stallmistdüngung, in der hohen Düngerstufe fast das Doppelte. Die N-Einlagerung in Stroh war offensichtlich wenig produktiv für den Kornertrag. Ähnliches wurde in diesem Versuch mit Winterroggen festgestellt (Raupp, 2001). Bei zunächst hoher N-Verfügbarkeit hatten die mineralisch gedüngten Pflanzen offenbar

BDF, Institut für Biologisch-Dynamische Forschung, Darmstadt; korr. Autor: raupp@ibdf.de
* IGZ, Institut für Gemüse- und Zierpflanzenbau, Großbeeren und Erfurt

viele Kornanlagen gebildet, die sich jedoch später wahrscheinlich wegen Mangel an Nährstoffen, vielleicht auch an Wasser, nur ungenügend entwickelt haben.

Tab. 1: Korn- und Strohertrag, Ertragskomponenten und Strohinhaltsstoffe von Weizen mit Rottemistdüngung (RMBD) und Mineraldüngung (MIN), jeweils in zwei Stufen

	MIN	RMBD	Mittelw.
Kornertrag (dt ha ⁻¹)			
Niedrig	31,1 b	30,8 b	31,0
Hoch	24,6 a	33,3 b	29,0
Mittelw.	27,9	32,1	
Ährentrag. Halme m ⁻²			
Niedrig	529	445	487
Hoch	542	453	497
Mittelw.	535	449	
Tausendkorngewicht (g)			
Niedrig	38,2	41,4	39,8 b
Hoch	34,2	39,8	36,5 a
Mittelw.	36,2	40,1	
Strohmenge (dt ha ⁻¹)			
Niedrig	45,1	36,9	41,0 a
Hoch	52,8	47,5	50,1 b
Mittelw.	48,9	42,2	
N-Gehalt im Stroh (% TM)			
Niedrig	0,56 b	0,40 a	0,48
Hoch	0,91 c	0,53 b	0,72
Mittelw.	0,73	0,47	
N-Entzug durch Stroh (kg ha ⁻¹)			
Niedrig	25,2 b	15,0 a	20,1
Hoch	48,0 c	25,1 b	36,6
Mittelw.	36,6	20,0	
P-Gehalt im Stroh (% TM)			
Niedrig	0,11	0,10	0,11 a
Hoch	0,14	0,12	0,13 b
Mittelw.	0,12	0,11	

Literatur

- Augé R.M. (2001): Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza* 11:3-42.
- Raupp, J. (2001): Ertragsbildung und ertragsbestimmende Faktoren bei Winterroggen mit Rottemist- und Mineraldüngung vor dem Hintergrund unterschiedlicher Stickstoffwirkungen der beiden Düngertypen. Beiträge zur 6. Wissenschaftstagung zum Ökologischen Landbau; TUM Weihenstephan; Verlag Dr. Köster, Berlin; 229-232.

Die Etablierung der AMP-Symbiose wurde weniger durch die Düngerart als durch die Menge beeinflusst. Mit steigender Düngergabe ging die Infektionsrate der Weizenwurzeln bei beiden Düngerformen deutlich zurück (Tab. 2). In der Mistvariante schien der Rückgang aber weniger stark ausgefallen zu sein. Da der P-Gehalt im Stroh bei beiden Düngertypen mit der Menge zugenommen hat (Tab. 1), kann man annehmen, dass der P-Status der Pflanzen ausschlaggebend für die Wurzelinfektionsrate gewesen ist.

Die Anzahl AMP-Sporen im Boden war bei Mistdüngung deutlich höher als bei Mineraldüngung. Daraus kann man schließen, dass die Überlebensrate der AMP innerhalb der Fruchtfolge und das Infektionspotential in trockenen und sandigen Böden durch Stallmist gefördert wird.

Tab. 2: Anteil der mit AMP infizierten Wurzeln an der Gesamtwurzellänge und AMP-Sporendichte im Boden

	MIN	RMBD	Mittelw.
Infektionsrate (%) in 0-5 cm			
Niedrig	58,7	54,2	56,4 b
Hoch	31,5	37,3	34,4 a
Mittelw.	45,1	45,7	
Infektionsrate (%) in 5-10 cm			
Niedrig	67,2	64,7	66,0 b
Hoch	32,5	40,2	36,3 a
Mittelw.	49,9	52,5	
Anzahl Sporen pro g Bod. in 0-5 cm			
Niedrig	133	203	168
Hoch	157	223	190
Mittelw.	145 ab	213 c	
Anzahl Sporen pro g Bod. in 5-10 cm			
Niedrig	121	154	138
Hoch	137	166	151
Mittelw.	129 a	160 b	

Möglichkeiten und Grenzen der Bewertung der Humusreproduktion in Ackerbausystemen mit Humusbilanzmethoden

C. Brock & G. Leithold

Einleitung

Die in Humusbilanzmethoden verwendeten Koeffizienten sollen den Einfluss von Bewirtschaftungsmaßnahmen auf die Humusdynamik von Ackerböden bewerten. Allerdings wird die tatsächliche Entwicklung der Humusgehalte an einem Standort durch nicht-beeinflussbare Standortfaktoren (Klima, Boden, Vorbewirtschaftung) bestimmt. Der vorliegende Beitrag soll Möglichkeiten und Grenzen der Interpretation von Humusbilanzen an konkreten Beispielen diskutieren. Dazu wird der Einfluss verschiedener Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren auf die Humusdynamik in Ackerböden untersucht und der Zusammenhang zwischen Humusbilanzsalden und tatsächlicher Humusdynamik vor diesem Hintergrund beurteilt.

Material und Methoden

Niveau und Dynamik der Humusgehalte im Oberboden wurden in insgesamt 207 Parzellen (insges. 58 Bewirtschaftungsvarianten) von 11 Dauerfeldversuchen in Deutschland und Nachbarländern anhand ausgewählter Indikatoren erfasst (vgl. Brock et al. 2008 sowie Tab. 1 u. 2). Für alle Parzellen wurden zudem Humusbilanzen für den jew. Auswertungszeitraum (mind. eine Rotation) mit der neu entwickelten Methode nach Brock, Hoyer, Leithold & Hülsbergen (2008) sowie mit der aktuellen Humusbilanzmethode nach VDLUFA (2004, obere Werte) erstellt.

Der Einfluss verschiedener Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren auf Indikatoren der Humusdynamik wurde mittels multipler Regressionsanalyse, Zusammenhänge zwischen Indikatoren der Humusdynamik und Humusbilanzsalden mittels Korrelationsanalyse ohne (Auswertung über alle Versuche) und mit (Einzelversuchsauswertung) Berücksichtigung von Standorteinflüssen untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Das Niveau der Gesamt-Humusgehalte war maßgeblich von der Ausprägung der natürlichen Standortbedingungen abhängig ($B=43\% \dots 65\%$) und wurde durch die Ausprägung der Bewirtschaftungsfaktoren nur zu 14% bzw. 31% erklärt (Tab. 1).

Tab. 1: Ergebnisse der multiplen Regressionsanalyse zur Beeinflussung von Indikatoren der Humusdynamik durch Standort- und Bewirtschaftungsfaktoren

Angegeben ist jeweils das multiple Bestimmtheitsmaß. Im Modell berücksichtigte Faktoren: Standort [*Ackerzahl, Feinanteil des Bodens (%T+%fU), \bar{x} Niederschlagssumme ($mm a^{-1}$), \bar{x} Temperatur ($^{\circ}C$), Wirksame Mineralisierungszeit ($d a^{-1}$)*], Bewirtschaftung [*\bar{x} Biomasseertrag ($dt FM ha^{-1} a^{-1}$), \bar{x} C-/N-Input mit Gründüngung/Strohdg./Dg. Aus Nutztierhaltung/Mineraldg. ($kg C$ bzw. $N ha^{-1} a^{-1}$)*].

Faktoren	Indikator						
	C_{org} (% TS)	N_t (% TS)	ΔC_{org} (% TS $ha^{-1} a^{-1}$)	ΔN_t (%TS $ha^{-1} a^{-1}$)	C_{hwl} ($mg kg^{-1}$)	N_{hwl} ($mg kg^{-1}$)	C_{mik} ($mg kg^{-1}$)
Standort	0,43*	0,65*	0,04	0,27*	0,24*	0,34*	0,34*
Bewirtschaftung	0,14*	0,31*	0,0	0,14*	0,32*	0,28*	0,54*
Standort+Bew.	0,59*	0,76*	0,01*	0,34*	0,48*	0,56*	0,71*

* signifikant bei $\alpha=0,05$.

Die Entwicklung der Gesamt-Humusgehalte konnte mit dem verwendeten Indikatorenmodell nur mit Bezug auf ΔN_t erklärt werden. Auch die Variation der Werte dieses Indikators war stärker von den natürlichen Standortbedingungen (B=27%) als von den Bewirtschaftungsfaktoren (B=14%) beeinflusst. Der insgesamt sehr niedrige Erklärungswert des verwendeten Modells hinsichtlich der Entwicklung der Gesamt-Humusgehalte weist möglicherweise auf einen wesentlichen Einfluss der jeweiligen Vorbewirtschaftung bzw. Landnutzungsgeschichte hin (vgl. Pulleman et al. 2000). Bei der Betrachtung sensitiver Indikatoren der Humusdynamik konnten hingegen, je nach Indikator, 28%-54% der Wertevariation durch den Einfluss der berücksichtigten Bewirtschaftungsfaktoren erklärt werden, die damit sogar einen höheren Erklärungswert besaßen als die nat. Standortfaktoren (B=24%...34%).

Da bei Humusbilanzmethoden in erster Linie die Ausprägung der Bewirtschaftungsfaktoren berücksichtigt wird, waren Zusammenhänge zwischen Humusbilanzsalden und Niveau und Entwicklung der Gesamt-Humusgehalte in der nicht-standortdifferenzierten Auswertung zu vernachlässigen und zudem nicht signifikant, Zusammenhänge zwischen Humusbilanzsalden und sensitiven Indikatoren der Humusdynamik hingegen deutlich erkennbar (Tab. 2). In der Einzelversuchsauswertung, d.h. unter jeweils annähernd gleichen Standortbedingungen, zeigten sich demgegenüber positive Korrelationen zwischen Humusbilanzsalden und Niveau und Entwicklung der Gesamt-Humusgehalte in 30-54% der Versuche, sowie zwischen Humusbilanzsalden und sensitiven Indikatoren der Humusdynamik in 20-50% der Versuche. Die Aussagequalität der verwendeten Methoden lag dabei auf gleichem Niveau.

Tab. 2: Zusammenhang zwischen Humusbilanzsalden und Humusdynamik

Angegeben sind Korrelationskoeffizienten für die nicht-standortdifferenzierte Auswertung (Gesamt), sowie der Anteil der Versuche mit positiver Korrelation von Bilanzsalden und Indikatorwerten als Ergebnis der Einzelversuchsauswertung (Einzel).

Humusbilanzsaldo		Indikator						
		C_{org}	N_t	ΔC_{org}	ΔN_t	C_{hwl}	N_{hwl}	C_{mik}
Brock et al. 2008	Gesamt (r^2)	n.sg.	n.sg.	n.sg.	n.sg.	0,59**	0,51**	0,30**
	Einzel (%)	54	45	36	30	40	50	20
VDLUFA	Gesamt (r^2)	n.sg.	n.sg.	n.sg.	n.sg.	0,69**	0,39**	0,29**
	Einzel (%)	45	36	36	30	30	40	30

Humusbilanzen ermöglichen demnach (als Experteninstrumente bei umsichtiger Interpretation) einen bewertenden Vergleich unterschiedlicher Bewirtschaftungsszenarien an einem Standort, wobei methodischer Fortentwicklungsbedarf besteht. Aufgrund der großen standortbezogenen Variabilität des Wertenniveaus von Indikatoren der Humusdynamik und der Zusammenhänge zwischen Humusbilanzsalden und Ausprägung der Indikatoren erlauben Humusbilanzen hingegen zunächst keine Prognose tatsächlicher Werte/Werteveränderungen von Indikatoren.

Literatur

- Brock, C.; U. Hoyer; G. Leithold und K.-J. Hülsbergen 2008: Entwicklung einer praxisanwendbaren Methode der Humusbilanzierung im ökologischen Landbau. FuE-Bericht, Organic Eprints, 182 S.
 Pulleman, M.; J. Bouma; E. van Essen und E. Meijles 2000: Soil organic matter content as a function of different land use history. Soil Soc. Am J. 64: 689-693.
 VDLUFA 2004: Humusbilanzierung. Standpunkt des VDLUFA, 12 S.

Konzeption und Umsetzung des DLG Nachhaltigkeitsstandards – Ergebnisse aus Landwirtschaftsbetrieben

N. Harzer & O.Christen

Einleitung

Im Rahmen des Projektes „Nachhaltige landwirtschaftliche Produktion in der Wertschöpfungskette Lebensmittel“ entwickeln die Universitäten TUM und MLU sowie der INL e.V. gemeinsam mit der DLG einen Nachhaltigkeitsstandard. Das Konzept der nachhaltigen Entwicklung umfasst gleichermaßen ökonomische, ökologische und soziale Aspekte (Christen 2002). Diese drei Säulen der Nachhaltigkeit stehen miteinander in Wechselwirkung und bedürfen langfristig einer ausgewogenen Koordination. Ziel des Projektes ist es für Landwirtschaftsbetriebe einen Standard zu entwickeln der in den 3 Nachhaltigkeitssäulen die Leistungen des Betriebes objektiv bewertet und messbar macht.

Material und Methoden

Die Ergebnisse der ökologischen Säule beruhen auf der Bewertung folgender Indikatoren: Stickstoffsaldo, korrigierter Phosphorsaldo, Humusbilanzsaldo, Energieintensität, Emission von Treibhausgasen, Pflanzenschutzintensität (Betrieblicher Behandlungsindex), Bodenschadverdichtung, Biodiversität, Landschaftspflegeleistung. Die Berechnung der Bilanzwerte sowie die Normierung erfolgt mit der Software REPRO®. Die Normalisierungstechnik gestattet es, in Maßeinheiten angegebene Indikatorenwerte in dimensionslose Werte zwischen 0 und 1 zu überführen und zeigt Analogien zur Fuzzy-Logik (Hülsbergen 2003). Für jeden Indikator wird das Bewertungsergebnis in Form eines Diagramms angezeigt. Die Nachhaltigkeitsschwelle liegt bei 0,75 und markiert den Beginn des akzeptablen Bereiches. Das arithmetische Mittel der ökologischen Indikatoren muss diese Schwelle von 0,75 erreichen damit der DLG Nachhaltigkeitsstandard vergeben werden kann. Grundlage der Berechnungen in REPRO bilden die betrieblichen Bewirtschaftungsdaten sowie spezifische Informationen aus den Bereichen Klima, Standort und Maschinen (z.B. digitale Geländemodelle, Bereifung, Achslast ect.).

Ergebnisse und Diskussion

Alle 5 Referenzbetriebe konnte die Nachhaltigkeitsschwelle von 0,75 im Gesamtindex der Ökologischen Säule überschreiten. Die normierten Werte der Indikatoren N, P, Humus sowie Bodenschadverdichtung erreichen meist den akzeptablen bis optimalen Bereich. Dagegen weisen die Indikatoren Biodiversität, Landschaftspflegeleistung, Treibhausgase und Pflanzenschutzintensität auf z.T. deutliche Schwächen in den Betrieben hin. Die Energieintensität ist für alle Betriebe im Optimum.

Mit dem im Nachhaltigkeitsstandard integrierten Indikatorenset werden die wesentlichen Umweltbereiche bewertet und es können nachvollziehbare Aussagen auf Ebene des Gesamtbetriebes getroffen werden. Stärken und Schwächen der Betriebssysteme sind so in einem Indikatorensystem messbar. Im Rahmen des DLG Nachhaltigkeitsstandards werden die 10 Einzelindikatoren der ökologischen Säule gleich gewichtet. In Tabelle 2 dagegen entfällt der Indikator Landschaftspflegeleistung (Version 1.1) bzw. sind die Einzelindikatoren zu Schutzbereichen zusammengefasst (Version 2.0 bzw. 3.0).

Tab. 1: Ergebnisse der ökologischen Indikatoren aus 5 Referenzbetrieben

Indikator	ME	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Betrieb E
		normiert	normiert	normiert	normiert	normiert
N-Saldo	kg ⁿ ha L	0,82	0,93	0,87	1,00	0,88
P-Saldo	kg ^p ha L	1,00	0,79	0,85	0,70	0,88
Humus-Saldo	kg C ^h ha L	0,70	1,00	0,93	1,00	1,00
Treibhausgase	CO ₂ -e ^g GJ ^l	0,71	0,86	0,86	0,93	0,85
Energieintensität	MJ ^e GJ ^l	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PS- Intensität	Index	0,47	0,14	0,59	1,00	0,00
Biodiversität		0,90	0,63	0,62	0,89	0,70
Landschaftspflegeleistung		0,35	0,55	0,29	0,36	0,42
Bodenerosion	t ^e ha L ^a a L		0,89	1,00	0,85	
Bodenschadverdichtung		0,88	0,88	0,88	0,75	0,88
Gesamindex Ökologie		0,77	0,75	0,78	0,80	0,75

Tab. 2: Abweichende Wichtung der ökologischen Indikatoren

Version 1.1	Version 2.0	Version 2.0
N Saldo	Nährstoffhaushalt	Wasser
P Saldo	Nährstoffhaushalt	Wasser
Humus Saldo	Nährstoffhaushalt	Boden
Treibhausgase	Klima	Luft
Energieintensität	Ressourceneffizienz	Ressourcen
PS Intensität	Pflanzenschutz	Wasser
Biodiversität	Biodiversität	Biodiversität
Bodenerosion	Bodenschutz	Boden
Bodenschadverdichtung	Bodenschutz	Boden

Werden die Ergebnisse aus Tab. 3 in drei Bereiche (gut/ mittel/ schlecht) gruppiert, verändert sich die Rangfolge der Referenzbetriebe nicht. Problematisch ist, dass in der Version 2.0 die Betriebe B und E die Nachhaltigkeitsschwelle verfehlen. Der Einfluss von einzelnen Indikatoren, hier Pflanzenschutzintensität, auf das Gesamtergebnis steigt damit.

Tab. 3: Gesamtindex der 5 Referenzbetriebe bei unterschiedlicher Wichtung

Version	Betrieb A	Betrieb B	Betrieb C	Betrieb D	Betrieb E
Standard	0,77	0,75	0,78	0,80	0,75
1.1	0,82	0,77	0,83	0,85	0,78
2.0	0,82	0,70	0,79	0,85	0,74
3.0	0,79	0,77	0,80	0,83	0,76

Literatur

- Hülsbergen, K.-J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker-Verlag, Aachen
- Christen, O. (2002): Indikatoren für eine nachhaltige Entwicklung der Landwirtschaft. Institut für Landwirtschaft und Umwelt Heft 3/2002, Bonn

Regulation der Zuckerspeicherung von Zuckerrüben bei Trockenstress

C. Hoffmann

Einleitung

Trockenstress ist weltweit ein wesentlicher Grund für Ertragsverluste. Bei Zuckerrüben zeigt sich dies in einer verminderten Zuckerspeicherung in der Rübe. Die Ursache dafür kann in der Verringerung der Blattfläche und Photosyntheserate als Source für Assimilate liegen. Als Hinweis für eine Sourcelimitierung wird die Verringerung des Zuckergehaltes in der Rübe angesehen. Zudem kann die Ertragsminderung auf einer ungenügenden Ausbildung des Rübenkörpers als Sinkorgan beruhen. Für die Zuckerspeicherung ist dabei die Bildung der sekundären Kambiumringe im Rübenkörper sowie die Größe der Zellen des Speicherparenchyms von Bedeutung. Es wird ferner angenommen, dass die Anreicherung osmotisch aktiver Substanzen im Gewebe dazu führt, dass Pflanzen eine höhere Toleranz gegenüber Trockenstress aufweisen.

Ziel der Untersuchungen war es zu klären, ob die Zuckerspeicherung von Zuckerrüben unter Trockenstress sink- oder sourcelimitiert ist.

Material und Methoden

Im Gewächshaus wurde ein Gefäßversuch mit Zuckerrübe in Sand bei unterschiedlicher Wasserversorgung durchgeführt: ausreichend mit Wasser versorgt (100 % Feldkapazität) sowie moderater (50 % FK) und starker (30 % FK) Trockenstress. Die Wasserversorgung wurde 6 Wochen nach der Aussaat variiert. Es wurden 6 zeitlich gestaffelte Ernten mit 5 Wdh. für jede Variante durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Bei Trockenstress war sowohl das Blatt- als auch das Rübenwachstum von Zuckerrüben erheblich beeinträchtigt (Abb. 1). Zugleich sank das Rübe/Blatt-Verhältnis, so dass die Effizienz der Bildung von Rüben-TM pro Einheit Blatt-TM erheblich abnahm. Zudem war der Zuckergehalt in der Rübe bei Trockenstress niedriger als bei ausreichend mit Wasser versorgten Pflanzen. Dies könnte auf eine Sourcelimitierung hindeuten: Assimilate konnten nicht in ausreichender

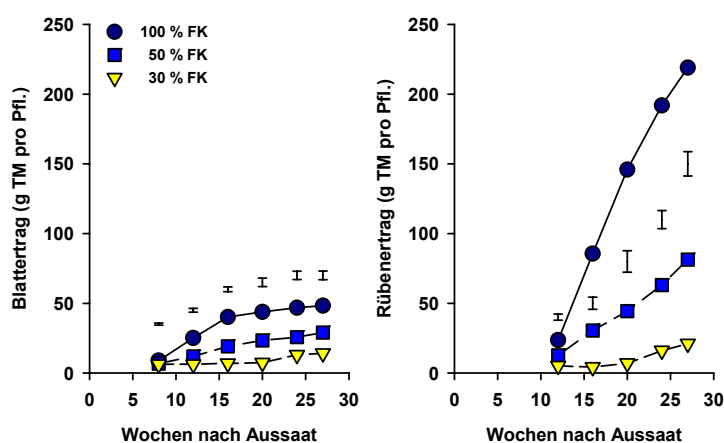


Abb. 1: Blatt- und Rübenenertrag von Zuckerrüben bei Trockenstress; Gefäßversuch; $GD_{\alpha < 0,05}$

Menge für die Zuckerspeicherung bereitgestellt werden. Auch Bloch et al. (2006) sowie Monti et al. (2006) fanden, dass Blattflächenindex und Photosyntheserate bei Zuckerrüben unter Trockenstress erheblich absinken.

Die Ausbildung der Strukturen für die Zuckerspeicherung war im Sinkorgan Rübe nur geringfügig durch Trockenstress beeinflusst. So war die Anzahl Kambiumringe nur wenig vermindert. Dagegen war der Abstand zwischen den einzelnen Ringen durch Trockenstress erheblich reduziert, zurückzuführen auf wesentlich kleinere Zellen im Parenchymgewebe.

Die Konzentration an löslichen Stoffen (K, Na, Aminosäuren, Betain, Glucose, Fructose) nahm im Verlauf des Wachstums ab, war aber durch Trockenstress erhöht. Es ergab sich eine enge negative Beziehung zwischen dem Gehalt an löslichen Nichtzuckerstoffen und dem Saccharosegehalt in der Rübe (Abb. 2).

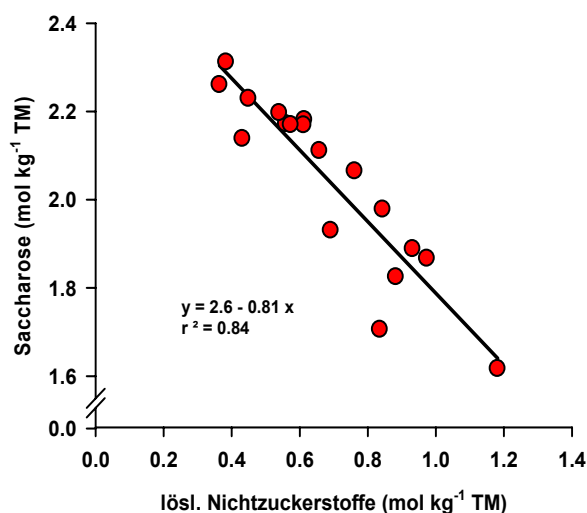


Abb. 2: Beziehung zwischen dem Gehalt an löslichen Nichtzuckerstoffen und dem Saccharosegehalt von Zuckerrüben unter Trockenstress; Gefäßversuch, 100, 50, 30 % Feldkapazität, 6 Erntetermine

Dies deutet darauf hin, dass die Zuckerspeicherung bei Zuckerrüben durch einen hohen Gehalt an Nichtzuckerstoffen beeinträchtigt wird. Auch Winzer et al. (1996) kamen zu dem Schluss, dass die Zuckerakkumulation in der Rübe durch den Turgor und damit die Konzentration an löslichen Stoffen kontrolliert wird. Da Saccharose zugleich eine Signalfunktion hat, wird durch die resultierenden hohen Saccharosegehalte in den Blättern die Photosyntheserate und damit die Assimilatversorgung des Sink runter reguliert.

Es wird daher der Schluss gezogen, dass die Zuckerspeicherung von Zuckerrüben bei Trockenstress physiologisch durch die erhöhte Konzentration an löslichen Nichtzuckerstoffen im Sink limitiert wird, obwohl die physikalischen Strukturen für die Speicherung ausgebildet sind.

Literatur

- Bloch, D., Hoffmann, C.M., Märländer, B. 2006. Impact of water supply on growth, photosynthesis, water use and carbon isotope discrimination of different sugar beet genotypes. *Eur. J. Agron.* 24, 218-225.
- Monti, A., Brugnoli, E., Scartazza, A., Amaducci, M.T. 2006. The effect of transient and continuous drought on yield, photosynthesis and carbon isotope discrimination in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *J. Exp. Bot.* 57, 6, 1253-1262.
- Winzer, T., Lohaus, G., Heldt, H.-W. 1996. Influence of phloem transport, N-fertilization and ion accumulation on sucrose storage of the taproots of fodder beet and sugar beet. *J. Exp. Bot.* 47, 863-870.

Freilanduntersuchungen (FACE) zur Wechselwirkung zukünftiger atmosphärischer CO₂-Konzentrationen und Sommertrockenheit auf Maisbestände

R. Manderscheid, M. Erbs, E. Nozinski & H.-J. Weigel

Einleitung

Nach den aktuellen Klimaprognosen des IPCC ist bis Mitte dieses Jahrhunderts mit einem Anstieg der atmosphärischen CO₂-Konzentration auf ca. 500-600 ppm und einer Abnahme der Sommerniederschläge zu rechnen. Im Rahmen des BMBF-Forschungsvorhabens LANDCARE 2020 (Vorsorge und Gestaltungspotentiale in ländlichen Räumen unter regionalen Wetter- und Klimaänderungen) wurde am Institut für Biodiversität des vTI ein zweijähriges Feldexperiment (2007-2008) gestartet, in dem der Einfluss dieser beiden Faktoren auf den Wasserhaushalt und das Wachstum von Mais untersucht wird. Für die CO₂-Anreicherung von 380 ppm auf 550 ppm wurde die FACE-Technik eingesetzt. Der Versuchsaufbau sowie erste Ergebnisse von 2007 zum Bestandesklima wurden bereits vorgestellt (Manderscheid et al., 2007). Im vorliegenden Beitrag werden die Behandlungseffekte auf das Pflanzenwachstum und die Transpiration im ersten Versuchsjahr sowie der Betrieb einer Regenausschlussvorrichtung im zweiten Versuchsjahr präsentiert.

Material und Methoden

In beiden Versuchsjahren wurde die Silomaisorte „Romario“ auf jeweils drei ringförmigen Versuchflächen (20 m Durchmesser) unter normalen oder erhöhten atmosphärischen CO₂-Konzentrationen innerhalb eines Versuchsfeldes (Parabraun-erde, sandiger Lehm, nutzbare Feldkapazität: ca. 100 mm) des vTI angebaut. Jeder Ring war aufgeteilt in eine Hälfte mit ausreichender Bewässerung (nFK>50%) und mit Trockenstress (nFK < 50%) ca. ab Juli. Im ersten Versuchsjahr wurde wegen der hohen Sommerniederschläge kein Trockenstress erreicht. Daher wurde in 2008 über den sechs „Trockenstress“-Halbkreisen ein Regenauffangsystem montiert. Die Vorrichtung bestand aus einem Aluminium-Zeltgestell (12 m x 20 m mit 5 m max. Höhe), das bei intensiven Niederschlagsphasen mit transparenten Planen bespannt wurde (Abb. 1). Neben den Wirkungserhebungen an den Maispflanzen (Pflanzenwachstum, Transpirationmessungen mittels Saftflusssensoren am Maisstängel) wurden die Bodenfeuchte und das Bestandesklima gemessen.

Abb. 1: Ansicht eines FACE-Rings mit Regenauffangsystem ohne Plane.



Ergebnisse

Im ersten Versuchsjahr, in dem aufgrund des regenreichen Sommers kein Trockenstress auftrat, gab es keinen CO₂-Effekt auf die oberirdische Biomasseproduktion. Jedoch zeigte der Mais unter erhöhter CO₂-Konzentration eine um ca. 30% verringerte Transpirationsrate (Abb. 2). Gleichzeitig war die mittägliche Bestandestemperatur in den FACE-Ringen erhöht.

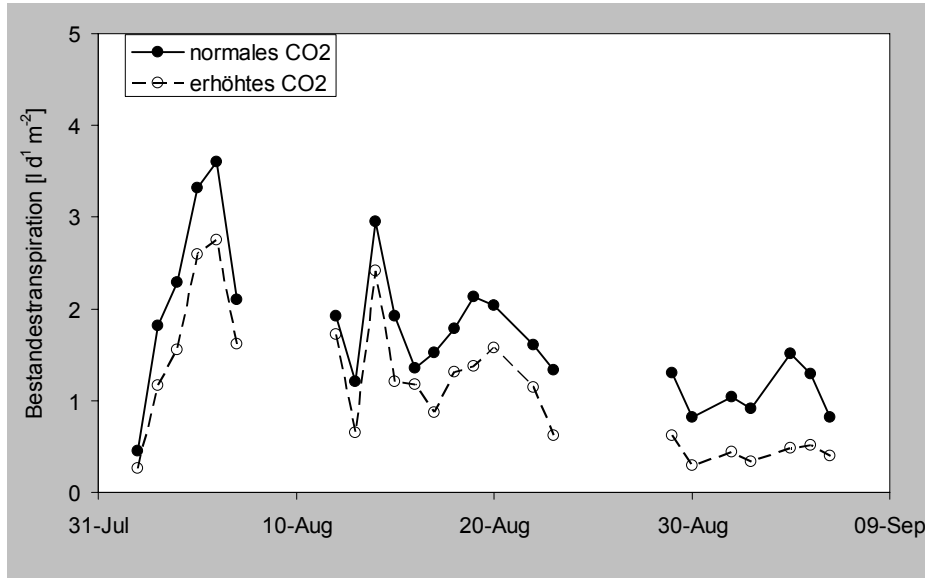


Abb. 2: Verlauf der Bestandestranspiration im Sommer 2007 mit und ohne CO₂-Begasung.

In 2008 kam es bei normalen Niederschlagsbedingungen und durch den Einsatz der Regenauffangvorrichtung ab Anfang Juli zum einem bis zum September anhaltenden Trockenstress (nFK < 50%).

Das Regenauffangsystem wurde an drei Terminen für insgesamt 7 Tage in Betrieb genommen und es wurden über 50 mm Niederschlag abgefangen. Kontrollmessungen zur CO₂-Konzentration in den begasteten Ringen und zum Bestandeklima (Strahlung, Temperatur) ergaben keine wesentliche Beeinträchtigung durch das Regenauffangsystem. Der Trockenstress reduzierte das Höhenwachstum des Bestandes nur unter normaler CO₂-Konzentration (Abb. 3).

Dies sind erste Hinweise darauf, dass der Anstieg der CO₂-Konzentration die Auswirkungen von Trockenstress auf das Maiswachstum abmildert.

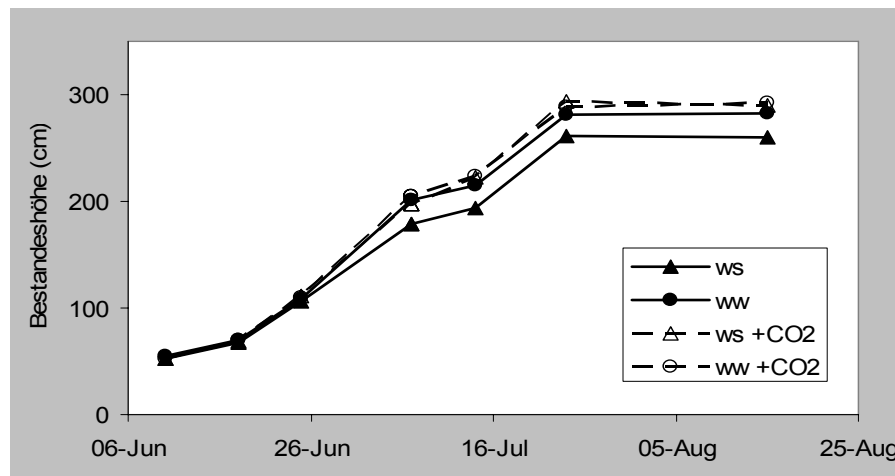


Abb. 3: Effekte der unterschiedlichen H₂O- (trocken: ws, feuchte: ww) und CO₂-Versorgung (ohne bzw. mit CO₂-Begasung) auf die Bestandeshöhe von Mais im Jahr 2008.

Literatur

Manderscheid, R., Nozinski, E. und Weigel, H.-J. 2007: Freilanduntersuchungen (FACE) zu Rückkopplungseffekten zwischen zukünftigen atmosphärischen CO₂-Konzentrationen und Wasserhaushaltsgrößen in Maisbeständen. Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. 19, 82-83.

Accounting for the plasticity of photosynthetic processes by the photosynthesis model LEAFC3-N

J. Müller, H. Braune & W. Diepenbrock

Introduction

A crucial challenge in photosynthesis modelling is to integrate the plasticity of photosynthetic characteristics that is related to factors like nitrogen content, age, and rank of leaves or growth temperature. The aim of the present study was (i) to create a comprehensive and consistent data basis for development and parameterisation of photosynthesis models, (ii) to further develop and re-parameterise the biophysical photosynthesis model LEAFC3-N (Müller *et al.*, 2005, 2008) with regard to the above-mentioned factors, (iii) to adapt this model for barley (*Hordeum vulgare* L.) representing a C₃-plant that is important for both research and practice, and (iv) to discuss the question of universality of model parameterisation by comparing key photosynthetic characteristics derived here with those published for other C₃-plants.

Material and Methods

Plants of spring barley cv. 'Barke' were grown in climatic chambers or in the field at different nitrogen applications and growth temperatures (T_g). During the course of plant development, we measured gas exchange rates (CO₂ and light response curves at two oxygen concentrations and different temperatures; LI-6400, LI-COR, Inc., Lincoln, NE), leaf nitrogen content per unit leaf area (N_a ; Dumas combustion method; Vario EL, Elementaranalysensysteme GmbH, Hanau, Germany) and chlorophyll content (SPAD-502 spectral sensor, Minolta Co., Osaka, Japan) on leaves of the main tiller differing widely in N_a due to different leaf rank and age. From these data, model functions of LEAFC3-N accounting for the effects of N_a and T_g on photosynthetic characteristics were derived (cf. also Braune 2007; Müller *et al.*, 2008).

Results and Discussion

The variation of the key model parameter V_{m25} (maximum carboxylation rate, subscript 25 refers to the parameter value at a reference temperature of 25°C) with respect to leaf rank, age and nitrogen status could be condensed by a function describing the dependency of V_{m25} on N_a (Fig. 1a). This relationship has a clear theoretical basis, since it is a well-known fact that most nitrogen in leaves is bound by Rubisco. The slope of the regression derived from the pooled data of different experiments given in Fig. 1a amounted to 67 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) g}^{-1} \text{ (N) s}^{-1}$ and thus is close to a theoretical estimate of 68 $\mu\text{mol (CO}_2\text{) g}^{-1} \text{ (N) s}^{-1}$ (cf. Müller *et al.*, 2005). Unique N_a relationships were obtained also for the parameter ϕ that is related to the maximum quantum yield of photosynthetic electron transport (Fig. 1b) and for other key parameters of the model (cf. Braune 2007; Müller *et al.*, 2008).

In addition, our study revealed a clear effect of growth temperature T_g on the slope s_{N_a} of the nitrogen dependency of different key model parameters and on the activation energy ΔH_a of their temperature dependency (Fig. 2).

Including the above-discussed functions into LEAFC3-N enables the model to account for the plasticity of photosynthetic processes related to leaf rank, leaf age, ni-

trogen fertilisation and growth temperature. The parameters derived here for barley are close to those derived in our previous studies for leaves of wheat and oilseed rape.

The model was successfully used as a sub-model of a canopy gas exchange model for oilseed rape and of a Functional-Structural Plant Model (FSPM) for barley.

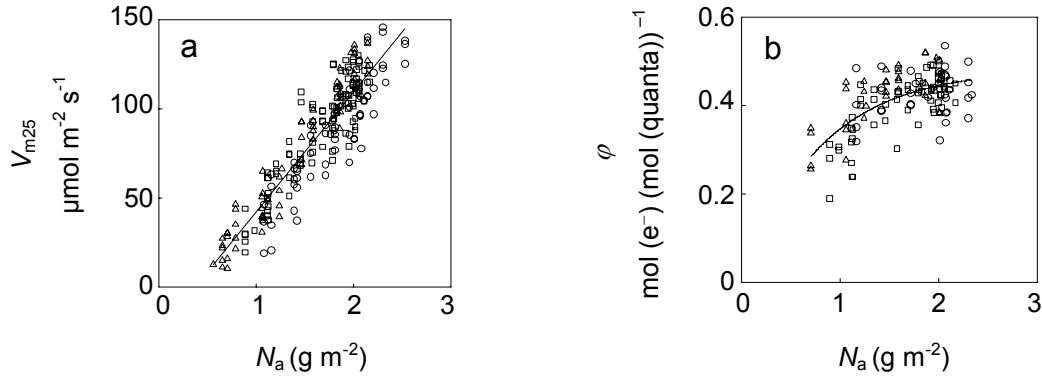


Fig. 1. Effect of leaf nitrogen content N_a on (a) maximum carboxylation rate V_{m25} ($V_{m25} = 67.47 \mu\text{mol s}^{-1} \text{g}^{-1} \times N_a - 0.395 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; $R^2 = 0.84$) and (b) maximum quantum yield ϕ of the rate of photosynthetic electron transport ($\phi = 0.4826 \text{ mol (e}^{-}) \text{ (mol (quanta))}^{-1} \times (1 - \exp(-1.269 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1} \times N_a))$); $R^2 = 0.48$). Symbols: data from three different experiments.

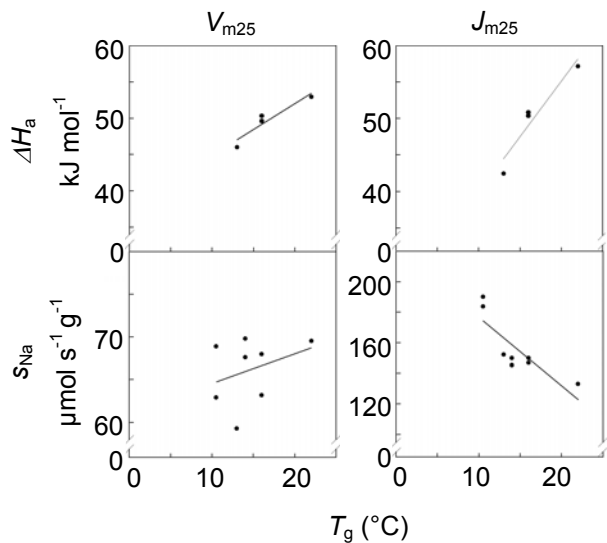


Fig. 2. Dependency of activation energy ΔH_a and slope s_{Na} of the nitrogen relationships of maximum carboxylation rate V_{m25} and maximum electron transport rate J_{m25} on growth temperature T_g .

V_{m25} :

$$\Delta H_a = 0.709 \text{ kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1} \times T_g + 37.8 \text{ kJ mol}^{-1};$$

$$R^2 = 0.88$$

$$s_{Na} = 0.348 \mu\text{mol s}^{-1} \text{g}^{-1} \text{K}^{-1} \times T_g + 61.1 \mu\text{mol s}^{-1} \text{g}^{-1};$$

$$R^2 = 0.11$$

J_{m25} :

$$\Delta H_a = 1.52 \text{ kJ mol}^{-1} \text{K}^{-1} \times T_g + 24.7 \text{ kJ mol}^{-1};$$

$$R^2 = 0.91$$

$$s_{Na} = -4.50 \mu\text{mol s}^{-1} \text{g}^{-1} \text{K}^{-1} \times T_g + 222 \mu\text{mol s}^{-1} \text{g}^{-1};$$

$$R^2 = 0.70$$

References

- Braune, H. 2008: Modellierung von Photosyntheseprozessen – Parametrisierung des Gas- und Energieaustauschmodells LEAFC3-N für Sommergerstenblätter (*Hordeum vulgare* L.). Ph.D. Thesis, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, 124 p.
- Müller, J.; H. Braune and W. Diepenbrock 2008: Photosynthesis–stomatal conductance model LEAFC3-N: generalised nitrogen relations and aspects of model application to barley. Functional Biology, in print.
- Müller, J.; P. Wernecke and W. Diepenbrock 2005: LEAFC3–N: a nitrogen-sensitive extension of the CO₂ and H₂O gas exchange model LEAFC3 parameterised and tested for winter wheat (*Triticum aestivum* L.). Ecological Modelling 183: 183-210

Identifying morpho-physiological traits associated with stem reserves in wheat (*Triticum aestivum* L.)

R.Valluru*, J. Link & W. Claupein

Introduction

In cereals, final grain yields were dependent on the carbohydrates derived from two different sources: current photosynthetic assimilates and stored water-soluble carbohydrates (WSCs) (Takai et al., 2006). In wheat, WSCs were mainly composed with fructan, sucrose, glucose and fructose and store in vegetative parts such as stems, leaves and leaf sheaths. WSCs can accumulate in wheat stems to more than 40% of total stem dry weight (Ruuska et al., 2006) and can potentially contribute to about 20% of grain yield under normal conditions, and their contribution becomes significant under abiotic stresses (Ruuska et al., 2006). Thus, WSCs is an important carbon source for grain yield in wheat (Ruuska et al., 2006; Ehdai et al., 2008). However, it is unclear whether the remobilization capacity could originate from intrinsic genotypic variation or environmental effects and comprehensive understanding of different agronomic strategies controlling stored carbohydrate mobilization during grain filling has not yet been fully achieved.

Materials and Methods

A field experiment was conducted during 2006-07 at Ihingerhof Experimental Station, University of Hohenheim, Germany, using a randomized block design with three replicates. A mixture of 12 old and modern bread wheat genotypes were tested. Entire field was divided into 36 plots; each plot was 6 x 4 m in length and width. In each plot, 10 main tillers from the two middle rows were harvested at random at anthesis, 14-day intervals after anthesis and harvest. In the first two samplings, vegetative parameters such as stem height, green leaf area index, number of tillers, leaf, stem root dry weight, chlorophyll content, leaf photosynthetic rate, gas exchange, crop growth rate, radiation use efficiency, leaf mass ratio, stem mass length, and leaf nitrogen was measured. At harvest, reproductive parameters such as leaf, stem, root dry weight, mobilized efficiency of stem dry weight and water soluble carbohydrates, spikes m², kernel's spike⁻¹, grain yield, single grain weight, harvest index was measured. Main stem maximum weight and maximum WSC content were determined. Mobilized dry mater and WSC in the main stem were estimated as the difference between post-anthesis maximum and minimum weight and maximum and minimum WSC content, respectively. The data was subjected to restricted maximum likelihood estimates (RMLE), selection analysis and principal component analysis.

Results and Discussion

Restricted-maximum likelihood estimates of within-environment variance components for the effect of genotype and block on different morpho-physiological traits showed strong genotypic effects for radiation use efficiency, leaf photosynthetic rate and stem reserves. Other traits such as stem dry weight, green leaf area index and leaf nitrogen have moderate genotype effects. There were no block effects on any of these measured parameters (data not shown). Results of selection analyses regressing relative fitness of stem reserves against different plant traits given the estimates

* Correspondence: valluru@uni-hohenheim.de, Institute for Crop Production and Grassland Research, University of Hohenheim, Stuttgart, Germany

Table 1 Results of selection analyses regressing relative fitness of stem reserves against different plant traits to estimate selection differentials or gradients.

Traits	Selection differential	Selection gradients
RUE	0.58 ^{ab}	0.01 ^{ab}
Leaf photosynthesis	0.38	0.004
Stem dry weight	0.39 ^{ab}	0.02 ^{ab}
Green leaf area index	0.57 ^{ab}	0.01 ^{ab}
Leaf nitrogen	0.70	0.01

^a, significant before sequential Bonferroni correction; ^b, significant after sequential Bonferroni correction (P < 0.001)

Table 2 Eigenvalues and accumulated percentage from a principle component analysis of the standardized values of five morpho-physiological traits.

Traits	Order		
	1	2	3
Eigenvalues	2.03	1.14	0.74
Accumulated percentage	40.71	63.60	79.25
Eigenvectors			
Radiation use efficiency	-0.001	0.80	-0.22
Leaf photosynthesis	-0.43	-0.48	-0.08
Stem dry weight	-0.42	0.05	-0.77
Green leaf area index	-0.62	0.05	0.15
Leaf nitrogen	-0.48	0.32	0.55

meters. However, selection gradients were higher for stem dry weight suggesting that this parameter is strongly correlated with stem reserve carbohydrates (Table 1). Further, principal component analysis revealed the similar effects. Nevertheless, this analysis revealed different trends among these three parameters giving more priority to green leaf area index that could alone explain 41% variation in stem reserve carbohydrates in wheat. These parameters was followed by radiation use efficiency explaining 23% and finally stem dry weight explaining 16% variation in the total stem reserve carbohydrates in wheat. Together, these three parameters can explain up to 80% variation in stem reserve carbohydrates in wheat (Table 2). Path analysis and directions were drawn among five reproductive parameters namely, mobilized water soluble carbohydrates (MWSC), mobilized stem dry weight (MSRW), kernels per spike (KS), grain weight (GW) and yield (Y). Higher path coefficients were observed between MWSC and other directly linked parameters except, yield. Parameters such as single grain weight seem to be highly correlated with MWSC, while MSDW and KS were little less significant. These results suggest that MWSC is more directly linked to single grain weight and influence final grain yield via intermediary parameters rather than directly (Fig. 1).

Literature

- Takai T. et al. (2006) Rice yield potential is closely related to crop growth rate during late reproductive period. *Field Crops Research* 96, 328-335.
- Ruuska SA. et al. (2006) Genotypic variation in water-soluble carbohydrate accumulation in wheat. *Functional Plant Biology* 33, 799-809.

of selection differentials or gradients. These results suggest radiation use efficiency, stem dry weight and green leaf area were strongly associated with stem reserve carbohydrate contents in wheat (Table 1). These parameters showed higher selection differentials, which are combined effects of direct and indirect (via other parameters). Moreover, these parameters were significant even after sequential Bonferroni correction (Table 1). A stringent selection analysis, selection gradients paralleled the same trend and support these para-

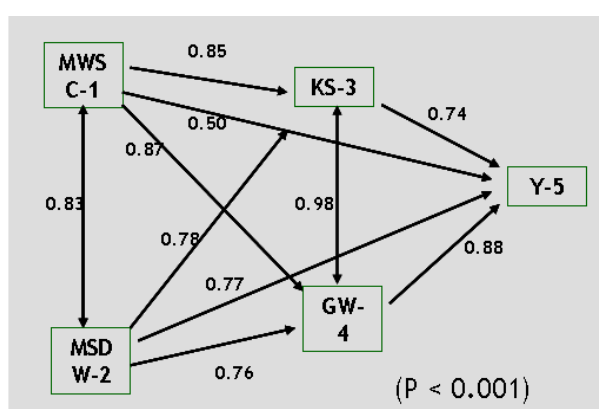


Figure 1 Representation of the path coefficients between different reproductive parameters.

Figure 1 is a path diagram illustrating the relationships between five reproductive parameters: Mobilized Water Soluble Carbohydrates (MWS C-1), Mobilized Stem Dry Weight (MSD W-2), Kernels per Spike (KS-3), Grain Weight (GW-4), and Yield (Y-5). The diagram shows path coefficients for the following relationships: MWS C-1 to MSD W-2 (0.83), MWS C-1 to KS-3 (0.85), MWS C-1 to Y-5 (0.50), MSD W-2 to KS-3 (0.87), MSD W-2 to GW-4 (0.77), MSD W-2 to Y-5 (0.78), KS-3 to Y-5 (0.74), KS-3 to GW-4 (0.98), and GW-4 to Y-5 (0.88). The overall significance is indicated as (P < 0.001).

Determining basic growth parameters of 5 Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) cultivars for integration into the DSSAT cropping model

T. Feike, J. Pfenning*, G. Zühlke*, S. Graeff-Hoenninger
& W. Claupein

Introduction

In China (FAO, 2007) and especially in the North China Plain (NCP) (Chen, 2000) a rapid increase in vegetable production can be observed. Vegetables demand higher inputs, especially water and nutrients compared to grain crops, what severely endangers sustainability. Crop models like DSSAT proved to be useful tools in improving water and fertilizer saving production systems (Jones et al., 2003). Growth of several vegetable crops e.g. tomato, bell pepper and cabbage can already be simulated in DSSAT. Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *Pekinensis*) as the most important vegetable crop of the NCP (Chen, 2000) is not yet included. In this study basic growth parameters of five Chinese cabbage cultivars were determined for subsequent integration of Chinese cabbage as a new crop into the DSSAT model. After successful integration improved management strategies for Chinese cabbage cultivation in the NCP can be developed and tested using the model.

Materials und methods

The experiments were conducted at University of Hohenheim, Germany, in autumn 2007, using 3 autumn cultivars and spring 2008, using three spring cultivars. The cultivars were grown simultaneously under four different temperature regimes, with average temperatures of about 16°C, 12°C, 6°C and 4°C in autumn and about 22°C, 18°C, 12°C and 10°C in spring. Fertilizer and water supply were kept at optimum. All growth parameters e.g. number of leaves, height and diameter of plants, leaf area and total N per plant were measured destructively in intervals of 10 to 20 days.

In a first step, the so called “cardinal temperatures” (see Fig.1) are determined.

- **Tbase**: Base temperature, below which development rate (DVR) is zero
- **Topt1**: 1st optimum temperature, at which DVR is most rapid
- **Topt2**: 2nd optimum temperature, highest temperature at which rate is still maximum
- **Tmax**: Maximum temperature, at which DVR is zero.

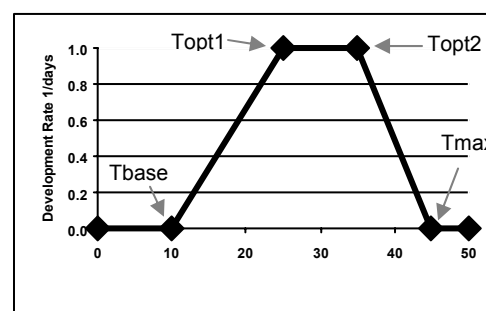


Fig.1: Cardinal temperatures for soybean in DSSAT

To determine the daily increase of a certain measured parameter the following equation was used:

$$\frac{\text{absolute value day b} - \text{absolute value day a}}{\text{number of days b} - \text{a}}$$

By correlating this to the average temperature between the two measurement days, the daily increase related to temperature was determined.

Results and discussion

It was shown that a close correlation between temperature and plant growth exist. When graphing the increases of a certain parameter, e.g. leaf fresh matter increase per day relative to temperature (Fig.2 & Fig.3), a polynomial function can be added. Using all values over the entire growing season the following function is generated: “ $y = -0.0215x^2 + 0.7458x - 2.0005$ ”. **Tbase** and **Tmax** can be determined to be 2.93°C and 31.76°C respectively. However plants’ reaction to temperature varies during different growth stages. The two main growth stages of Chinese cabbage are “before heading” and “after heading”. When examining reaction of growth to temperature in these two stages separately, results are slightly different. For the early stage **Tbase** is calculated to be 2.37°C.

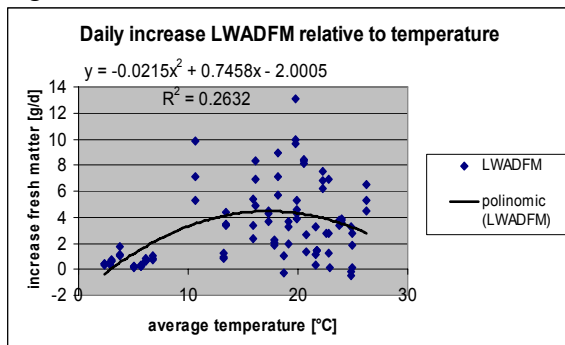


Fig.2: Daily increase in leaf fresh matter relative to temperature over entire growth

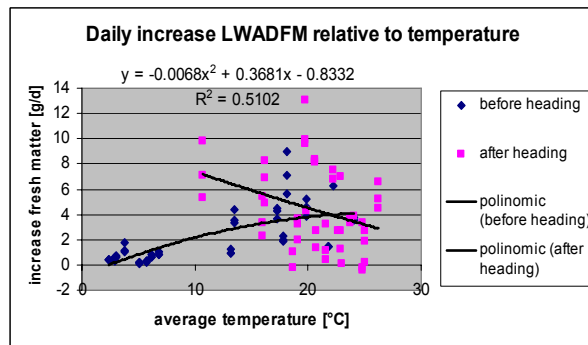


Fig.3: Daily increase of LFM relative to temperature separated into before and after heading stage

Outlook

Due to lack of data on **Tbase** in the “after heading” stage, as well as **Tmax** in the before heading stage, further experiments are needed. Currently the different cultivars are grown under low temperature conditions in climate chambers and under high temperature conditions in green houses.

References

- Chen, Q., 2000: Development of controlling tools in irrigation and fertilization for vegetable Production in the North China Plain – Dissertation, Hohenheim
- Jones, J.W., Hoogenboom, G., Porter, C.H., Boote, K.J., Batchelor, W.D., Hunt, L.A., Wilkens, P.W., Singh, U., Gijsman, A.J., Ritchie, J.T., 2003: The DSSAT cropping model, European Journal of Agronomy 18, 235 - 265
- FAO, 2007: www.faostat.com

Winterrüben – Ertragsbildung von Zuckerrüben bei Aussaat im Herbst und im Frühjahr

S. Kluge-Severin & C. Hoffmann

Einleitung

Unter mitteleuropäischen Klimabedingungen ist die langsame Jugendentwicklung und Ausbildung des Blattapparates von Zuckerrüben im Frühjahr der am stärksten ertragsbegrenzende Faktor. In dieser Entwicklungsphase liegt der Blattflächenindex weit unter dem Optimum, während die Einstrahlung bereits intensiv ist (Scott & Jaggard 1993).

Bei Anbau von Winterrüben bzw. einer Vorverlegung der Aussaat im Frühjahr kann eine bessere Synchronisation von Blattentwicklung und intensiver Sonneneinstrahlung erreicht werden. Dadurch wird die Lichtabsorption des Bestandes erhöht, so dass ein höherer Ertrag gebildet werden kann.

Ziel des Projektes war es, grundlegende Erkenntnisse über die Möglichkeit einer vorgezogenen Aussaat im Frühjahr sowie des Winterrübenanbaus zu schaffen.

Dabei wurde der Einfluss verschiedener Aussaattermine im Herbst und im Frühjahr auf den Wachstumsverlauf und die Ertragsbildung (Feldaufgang, Blatt- und Rübetrockenmasse) von Zuckerrüben analysiert.

Material und Methoden

In den Jahren 2005/06 und 2006/07 wurden Zuckerrüben in Feldversuchen mit drei Aussaatterminen im Herbst (Ende August, Mitte und Ende September) und im Frühjahr (Mitte Februar und März, Anfang April) an zwei Stanorten in der Nähe von Göttingen in sechsfacher Wiederholungen angebaut. Die Parzellen waren 21,6 m² (sechs Reihen), wobei eine Kernbeerntung von 10,8 m² durchgeführt wurde.

Es wurden vier Zwischenernten durchgeführt (Herbst: Dezember, April, Mai, Juni; Frühjahr: Mai, Juni, Juli, Oktober).

Feldaufgangszählungen wurden alle zwei Tage bis EC 14 an jeweils zwei Reihen pro Parzelle durchgeführt. Zu den Zwischenernten wurden Frischmasse sowie Trockensubstanzgehalte von Blatt und Rübe ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Unter optimalen Wachstumsbedingungen wurden 50 % **Feldaufgang** sowohl bei im Herbst als auch bei im Frühjahr gesäten Rüben bei einer Temperatursumme von 100-130 °Cd (Abb. 1) erreicht. Der maximale Feldaufgang lag bei 80-95 %. Aufgrund von Trockenheit liefen die im August 2005 in Pahrensen und die Mitte September 2006 in Harste und Sieboldshausen gesäten Rüben nur zögerlich auf. Bei den im Februar und März gesäten Rüben lässt sich der zögerliche und sehr niedrige Feldaufgang auf die niedrigen Temperaturen verbunden mit Frost im Frühjahr zurückführen.

Die Blatt- und Rübetrockenmasse nahm mit zunehmender Temperatursumme sowohl bei den im Herbst als auch bei den im Frühjahr gesäten Rüben zu, allerdings auf sehr unterschiedlichem Niveau. Während die Entwicklung der **Blattrockenmasse** bezogen auf die Temperatursumme bei im Herbst gesäten Rüben am besten mit einer quadratischen Funktion beschrieben werden konnte, begründet durch das Schossen der Rüben (ab April 100 % Schosser), wies diese bei im Frühjahr gesäten Rüben einen sigmoiden Verlauf auf. Bei 1500 °Cd wurde der maximale

Blattrockenmasseertrag erreicht. Ab hier bestand ein Gleichgewicht zwischen Blattneubildung und Seneszenz.

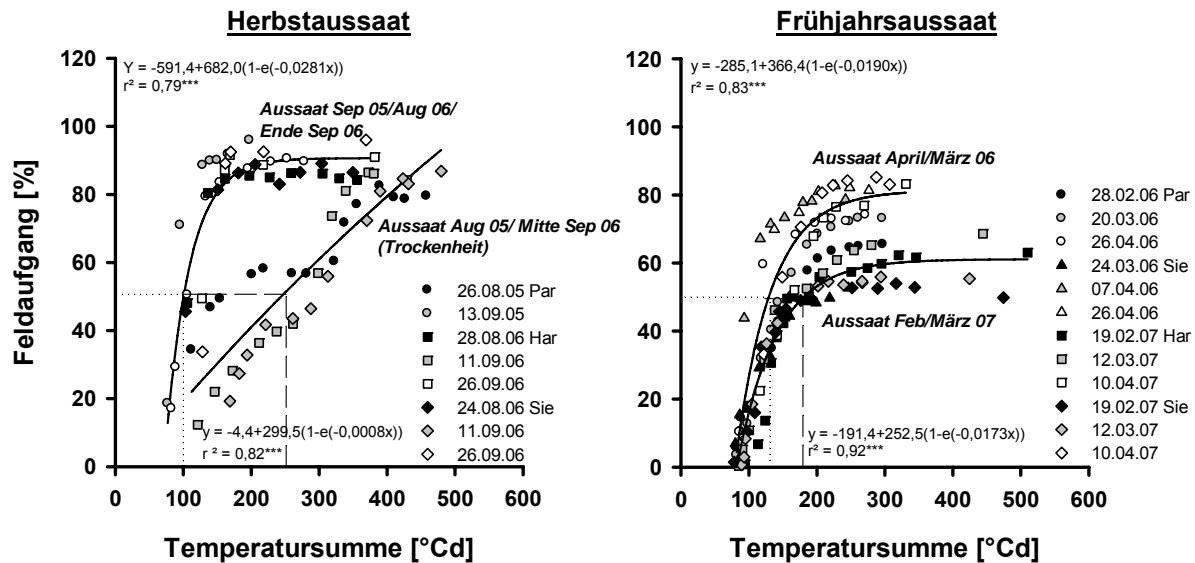


Abb. 1: Einfluss der Temperatursumme (°Cd) auf den Feldaufgang von Zuckerrüben in Abhängigkeit vom Aussaattermin

Die **Rübenrockenmasse** stieg sowohl bei den im Herbst als auch bei den im Frühjahr gesäten Rüben mit der Temperatursumme exponentiell, wobei die im Herbst gesäten Rüben aufgrund des Schossens deutlich geringere Rübenrockenmasseerträge erzielten als die im Frühjahr gesäten Rüben, da beim Schossen die gebildeten Assimilate für den Aufbau des Sprosses verwendet werden. Insgesamt hatten sowohl bei Aussaat im Herbst als auch im Frühjahr die früher gesäten Rüben tendenziell den höheren Rüben- und Blattertrag. Dies ist auf die längere Vegetationsperiode und somit höhere Temperatursumme zurückzuführen. Die Ergebnisse zeigen, dass beim Anbau von Winterrüben die Gefahr des Auftretens von Trockenheit während des Auflaufens besteht. Bei ausreichend Feuchtigkeit laufen die Pflanzen aufgrund der hohen Temperaturen zügig auf und erreichen einen hohen Feldaufgang sowie eine schnellere Entwicklung bereits vor dem Winter. Im Frühjahr sind somit bereits Blattfläche für die Lichtabsorption und ein Rübenkörper mit Reservestoffen vorhanden, wodurch ein schnelles Wachstum ermöglicht wird. Der Anbau von Winterrüben bietet somit eine gute Möglichkeit, die Jugendentwicklung und Ertragsbildung von Zuckerrüben im Frühjahr zu fördern. Eine vorgezogene Aussaat im Frühjahr führt aufgrund der niedrigen Temperaturen verbunden mit Frostrisiko zu einem verzögerten Auflaufen der Zuckerrüben. Es werden keine deutlich höheren Erträge gebildet.

Literatur

Scott, R.K. & K.W. Jaggard 1993: Crop Physiologie and Agronomy. In: D.A. Cooke and R.K. Scott (Hrsg.): The sugar beet crop. Chapman & Hall, London, 178-237.

Zum Einfluss langjährig differenzierter Bodenbearbeitung auf die Erträge einer Löß-Schwarzerde bei variiertem Anbauintensität

G. Kratzsch, B. Hofmann* & O. Christen*

Einleitung

In Deutschland werden gegenwärtig mehr als 2 Millionen ha pfluglos bearbeitet. Aufgrund der zahlreichen Vorteilswirkungen und effizienter technischer Lösungen ist der Trend weiterhin steigend. Oft wird jedoch auf ein stärkeres Auftreten von Unkräutern, Krankheiten und Schädlingen hingewiesen. Zur Klärung dieser Probleme wurde ein aufwändiges Langzeitexperiment durchgeführt, das die exakte Quantifizierung der Wechselwirkungen zwischen den Maßnahmen der Bodenbearbeitung, Anbauintensität und der Unkrautregulierung erlaubt. An dieser Stelle soll vornehmlich auf die Ertragsergebnisse verwiesen werden.

Material und Methoden

Mit dem Versuch wurde 1991 begonnen (1. Erntejahr 1993). Bei dem Bernburger Standort handelt es sich um eine Löß-Schwarzerde (Normtschernosem, Bodenart Ut4, 22 % Ton, 70 % Schluff, C_{org} 1,7 M.-%). Unter den trockenen Standortbedingungen (langj. Jahresniederschlag 469 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 9,1 °C) wurden in dem Großflächenversuch folgende 3 Prüffaktoren (Varianten) betrachtet: Bodenbearbeitung (2) - Pflügen (20-24 cm), Grubbern (Flügelschargrubber) 8-15 cm, Anbauintensität (3) - intensive (konventionelle), angepasste situationsgerechte (integrierte) und extensive Anbautechniken, Unkrautregulierung (5) - Herbizidaufwandmengen 100, 75 und 50 % zum optimalen Termin, einer zusätzlichen N-Gabe von 20 bzw. 25 kg/ha bei reduziertem Herbizideinsatz (50 %) ab der 2. Rotation und alleinige mechanische Pflege. In diesem Versuch stehen als Besonderheit sämtliche Fruchtarten der Fruchtfolge (Tab. 1) jährlich nebeneinander.

Ergebnisse und Diskussion

Die erfolgreiche Anwendung der flachen bzw. mitteltiefen pfluglosen Grundbodenbearbeitung erfordert das Beachten einiger Besonderheiten bzw. das Durchsetzen ertragssichernder Maßnahmen. Bei hoher Anbauintensität wird im Mittel der Rotationen praktisch Ertragsgleichheit zwischen den Bearbeitungen erreicht (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss der Bodenbearbeitung auf die Erträge [rel.] in den Rotationen bei hoher Anbauintensität

Fruchtart/ Fruchtfolge	Rotation 1993/97		Rotation 1998/02		Rotation 1998/02 ⁴	
	Pflügen ¹	Grubber	Pflügen ¹	Grubber	Pflügen	Grubber
Körnermais	89,1	98	91,1	103	96	100
Winterweizen	90,0	100	81,1	96	100	99
Wintergerste	85,0	101	90,0	94	99	96
Winterraps	- ¹	- ¹	42,0	101	103	105
Winterweizen	- ²	- ²	78,1	102	97	101

¹ Ertrag bei Pflügen in dt/ha (rel. 100) ohne Pflügen bei erhöhter 1. N-Gabe, ² 1. Rotation Sonnenblumen, ³ 1. Rotation Sommergerste ⁴ 1. N-Gabe um 20 bzw. 25 kg/ha (Körnermais, Winterraps) erhöht

Tab. 2: Einfluss der Bodenbearbeitung und der Anbauintensität auf den Ertrag im Mittel der Rotation 1998/02

Fruchtart	Pflügen			Grubbern		
	intensiv ¹	integriert	extensiv	intensiv	integriert	extensiv
Körnermais	91,1	98	92	102	102	96
Winterweizen	81,1	95	73	96	90	63
Wintergerste	90,0	99	76	93	91	73
Winterraps	42,0	97	73	101	99	74
Winterweizen	78,1	98	82	101	98	79

¹ Pflügen (intensiv) Ertrag in dt/ha (rel. 100), übrige Varianten relativ

Es ist aber zu beachten, dass durch die Einarbeitung der erhöhten pflanzlichen Rückstände in die Oberkrume nach pflugloser Bearbeitung größere N-Mengen gebunden werden. So liegen nach mehr als zehnjähriger Versuchsdauer die mittleren N_{\min} -Mengen im Frühjahr (0-9 dm) um 19 kg/ha (20 %) unter den Werten der Pflugfurche. Nach Getreidevorfrucht sichert daher eine erhöhte Andüngung (20-25 kg/ha) im Frühjahr einen Ertragsausgleich (Tab. 1) zum Pflügen. Eine Zurücknahme der N-Mengen bei späteren Gaben ist nicht zu empfehlen, da bisher keine stärkere Freisetzung im Verlaufe der Vegetation beobachtet wurde. Nach der Blattfrucht Winterweizen, zum Teil auch Körnermais, ist dagegen die erhöhte 1. N-Gabe infolge größerer N-Restmengen meist nicht erforderlich.

Tab. 3: Einfluss der Bodenbearbeitung und der Unkrautregulierung auf den Ertrag im Mittel der Rotation 1998/02

Bodenbearbeitung	Unkrautregulierung				
	Herbizid 100 %	Herbizid 75 %	Herbizid 50 %	Herbizid 50 % (+ 20 N) ²	mechanisch
Körnermais					
Pflügen	92,4 ¹ (rel. 100)	96	96	94	78
Grubbern	101	100	98	98	73
Winterweizen (Vorfrucht Körnermais)					
Pflügen	72,6 ¹ (rel.100)	99	99	102	99
Grubbern	93	92	94	99	88
Wintergerste					
Pflügen	81,2 ¹ (rel.100)	102	101	103	98
Grubbern	95	95	95	99	86
Winterraps					
Pflügen	36,8 ¹ (rel.100)	106	102	107	104
Grubbern	104	102	104	110	106

¹ Ertrag [dt/ha] bei Pflügen und Herbizid (100 %) nach Aufwandmenge lt. Pflanzenschutzmittelverzeichnis (100 %) entspricht rel. 100, ² 1. Gabe um 20 kg/ha N erhöht

Von den Prüffaktoren hatte die Anbauintensität den größten Ertragseinfluss. Während zwischen Intensiver (konventioneller) und integrierter Anbauintensität nur marginale Unterschiede zu verzeichnen sind, führt ein extensiver Produktionsmitteleinsatz (u.a. nur 50 % N-Gabe, ohne Fungizid und Insektizid) zu Mindererträgen von 20 bis 30 % (Tab. 2). Eine Ausnahme bildet der Körnermais. In der extensiven Variante nahm das Ertragsniveau hier nur um etwa 5 % ab.

Insgesamt lag nach pflugloser Bearbeitung mit dem Grubber ein größerer Unkrautdruck als nach Pflugfurche vor. Die alleinige mechanische Pflege war in ihrer Wirkung nach pflugloser Bearbeitung nicht ausreichend wirksam.

Einfluss der organisch-mineralischen Düngung auf Kartoffelerträge, Inhaltsstoffe und die N_{\min} -Dynamik im IOSDV Bad Lauchstädt

M. Pissors, U. Franko^{*}, M. Körschens, B. Hofmann & O. Christen

Einleitung

Die Erzielung von hohen Erträgen und der notwendigen Produktqualität ist in Verbindung mit der Erhaltung der Bodenfruchtbarkeit und der gleichberechtigten Forderung nach der Vermeidung von Umweltbelastungen eine unabdingbare Zielstellung der landwirtschaftlichen Produktion. Dauerversuche bilden dabei eine wesentliche Basis zur Klärung der Kausalitätsbeziehungen zwischen den genannten Kriterien und geben wertvolle Hinweise zur optimalen Gestaltung von anbautechnischen Maßnahmen.

Aus einem seit 1977 laufenden Dauerversuch mit kombinierter organisch-mineralischer Düngung auf Lößschwarzerde sollen daher bisher nicht ausgewertete Ergebnisse der abschließenden Versuchsjahre zu Kartoffeln vorgestellt werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden schwerpunktmäßig 2000 bis 2005 in der Lehr- und Versuchsstation Bad Lauchstädt der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg durchgeführt. Bei dem Standort im mitteldeutschen Trockengebiet (langj. Jahresniederschlagsmenge 484 mm, langj. Jahresmitteltemperatur 8.8 °C) handelt es sich um einen Normtschernosem (Haplic Chernozem) mit der Bodenart stark toniger Schluff (Ut4, 21 % Ton, 68 % Schluff, C_{org} 2,1 M.-%) im Ap-Horizont.

Der Versuch mit der Fruchtfolge Zuckerrüben – Sommergerste – Kartoffeln – Winterweizen (die Fruchtarten stehen jährlich nebeneinander) wurde als zweifaktorielle Streifenanlage mit den Prüffaktoren (A) Organische Düngung (ohne, Gründüngung, Stallmist 20 bzw. 40 t/ha, Strohdüngung) und (B) Mineralische Stickstoffdüngung (ohne, 50, 100, 100+50, 100+100 kg N/ha) angelegt. Die übrigen anbautechnischen Maßnahmen erfolgten nach Fruchtarten einheitlich auf der Gesamtfläche.

Ergebnisse und Diskussion

Mit steigender Zufuhr an organisch gebundenem Stickstoff nimmt die Wirksamkeit der mineralischen N-Düngung ab. Der größte Grundertrag (Knollen, Stärke) ist bei hohen Stallmistgaben und Gründüngung, der geringste bei Strohdüngung und Verzicht auf organische Substanzzufuhr zu verzeichnen (Abb. 1). Das Höchstertragsniveau der Stallmistdüngung wird dabei von keiner anderen organischen Variante erreicht. Die N- und P-Gehalte in den Knollen werden durch die unterschiedliche organische Düngung nicht beeinflusst. Mineralische N-Düngung hebt den N-Gehalt geringfügig an. Die Stallmistdüngung steigert die K-Gehalte der Knollen auf etwa 2,3 % i. TM deutlich, vermindert aber die TS- und Stärkegehalte. Langjährige organische Düngung führt zu unterschiedlicher N-Bereitstellung aus dem Boden, die in der Reihung ohne organische Düngung – Strohdüngung – Gründüngung – 20 und 40 t/ha Stallmist systematisch ansteigt. Mit dem Bodenprozessmodell CANDY (Franko et al. 1995) lässt sich auf der Löß-Schwarzerde die Mineralisierung der umsetzbaren organischen Bodensubstanz mit hinreichender Genauigkeit abbilden (Abb. 2).

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Professur für Allgemeinen Pflanzenbau/Ökologischen Landbau, 06099 Halle (Saale)

^{*} Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung (UFZ), Theodor-Lieser-Str. 4, 06120 Halle (Saale)

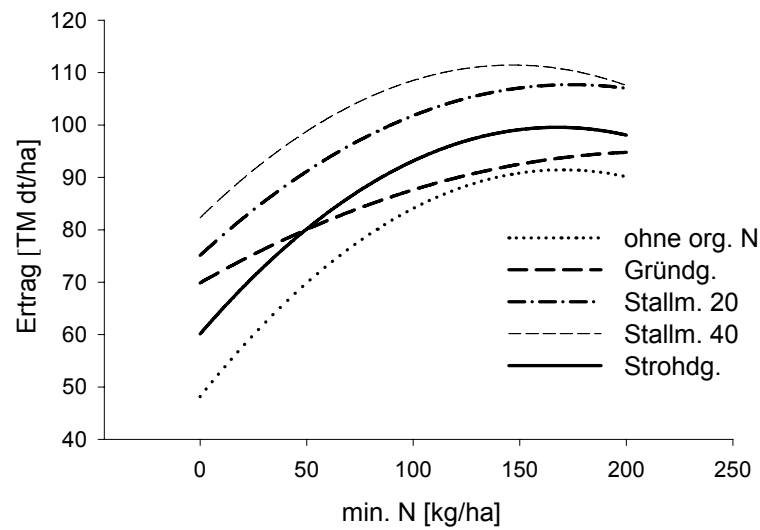


Abb. 1: Einfluss der organischen und mineralischen Düngung auf den Kartoffelertrag (mittlere Ertragsfunktionen 2000/05)

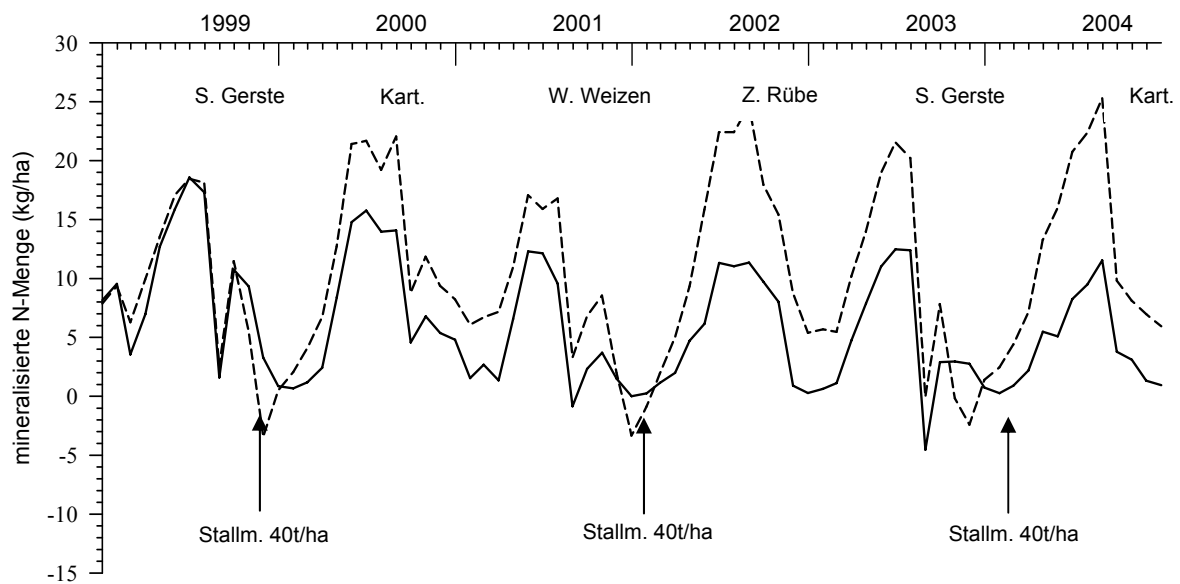


Abb. 2: Simulation der N-Mineralisierung für die Stufen ohne org. (—) und Stallmist 40 t/ha (----), berechnet nach dem Modell CANDY

Zwischen der mineralisierbaren Stickstoffmenge im Boden und dem Frischmasseertrag bei Kartoffeln bestehen für den untersuchten Zeitraum signifikante lineare Zusammenhänge. Zudem wird der Ertrag wesentlich von der Niederschlagshöhe im Zeitraum von der Pflanzung bis zur Ernte bestimmt ($R^2 = 0,61^*$).

Literatur

- Pissors, M. 2008: Wirkung langjähriger mineralisch-organischer Düngung auf Kartoffelertrag und Qualitätseigenschaften im IOSDV Bad Lauchstädt. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. Agrar- u. Ernährungswiss., Allgem. Pflanzenbau/Ökolog. Landbau, Diplomarbeit, 95 S.
- Franke, U., B. Oelschlägel und S. Schenk, S. 1995: Simulation of Temperature-, Water- and Nitrogen-dynamics using the Model CANDY. Ecological Modelling 81: 213-222.

Erste Ergebnisse zur Streifenbearbeitung bei Mais unter verschiedenen Standortbedingungen im mitteldeutschen Trockengebiet

K. Gustmann, M. Schneider*, P. Wagner*, B. Hofmann & O. Christen

Einleitung

Die Streifenbearbeitung ist ein neuartiges, noch wenig verbreitetes Bestellverfahren. Dadurch wird das kombinierte Anlegen von partiellen Lockerungsschlitzten und Düngemitteldepots ermöglicht. Zu Mais erfolgt dann die Aussaat in diese partiellen Lockerungsbereiche bei wahlweiser Unterfußdüngung mit herkömmlichen Einzelkornsämaschinen. Voraussetzung für diese Anbautechnik ist neben der Abstimmung der Arbeitsbreiten das spurgetreue Fahren und die exakte Aufzeichnung der Regelspuren auf Grundlage von RTK (Real Time Kinematic)-GPS.

Mit den Arbeiten sollen die Auswirkungen der Streifenbearbeitung auf die Strukturstabilität des partiell gelockerten Bodens und die Pflanzenentwicklung bei verschiedenen Bodenbedingungen zu Mais analysiert werden.

Material und Methoden

Die Untersuchungen wurden auf Praxisschlägen landwirtschaftlicher Unternehmen in Hinsdorf, Kreis Anhalt-Bitterfeld (Decksandlöß, Bodenart schluffig-lehmiger Sand, 11 M.-% Ton, 43 M.-% Schluff) und in Großstolpen (Kr. Borna) auf natürlichem Acker (Decklöß-Braunerde, mittel toniger Schluff, 11 M.-% Ton, 77 M.-% Schluff) und einem Kippsubstrat (Geschiebelehm bzw. -mergel, stark lehmiger Sand, 14 M.-% Ton, 29 M.-% Schluff) durchgeführt. In die Untersuchungen wurden auf dem Standort Hinsdorf folgende Varianten einbezogen: Stoppelbearbeitung (ohne/mit), Streifenbearbeitung (12...15 cm) im Herbst ohne und mit Anlage von Düngerdepots. In Großstolpen wurden mit dem ganzflächigen Grubbern (12...15 cm) und der Streifenbearbeitung (12...15 cm) 2 Varianten berücksichtigt. Zur Streifenbearbeitung wurde das Gerät Focus CS der Firma Horsch eingesetzt. Die Aussaat und die Unterfußdüngung erfolgten auf den jeweiligen Versuchsschlägen einheitlich mit herkömmlicher Einzelkornsämaschine (Gustmann 2008).

Ergebnisse und Diskussion

Durch die Stoppelbearbeitung wurde bei Streifenbearbeitung im Herbst die Grobagggregation des Bodens im partiellen Lockerungsbereich herabgesetzt. Sie wirkte sich aber auf dem sandigen Löß (Slu) in Hinsdorf im Vergleich zum Verzicht auf den Stoppelumbruch nicht unterschiedlich auf die Trockenrohdichte, das Grobporevolumen, die Wasser- und Luftleitfähigkeit in der Krume aus (Tab. 1). Die partiellen Lockerstrukturen erwiesen sich über Winter als relativ stabil. Auf der Decklöß-Braunerde (Ut3) und dem strukturinstabilen Kippstandort (Sl4) förderte die Streifenbearbeitung im Frühjahr die Kapillarität in der Oberkrume (4-10cm) und die Luftkapazität bzw. das dränbare Porenvolumen ($> 10 \mu\text{m}$) in der Mittelkrume (10-20 cm).

Die partielle Bearbeitung im Frühjahr verursachte in beiden Großstolpener Versuchen tendenziell größere Saattiefen als nach herkömmlicher Grubberbearbeitung. Bei Feldaufgang, der Pflanzenverteilung und im Ernteertrag waren die Differenzen

Tab. 1: Trockenrohdichte [g/cm³] und Luftkapazität [Vol.-%] in verschiedenen Bodentiefen innerhalb der Maisreihen

Variante	Trockenrohdichte			Luftkapazität, Bodentiefe [cm]		
	4 – 8	8 – 12	16 – 20	4 – 8	8 – 12	16 – 20
Hinsdorf (Kr. Anhalt-Bitterfeld) ¹						
StB, Streifenbearb.	1.45	1.47	1.50	19.2	17.4	15.7
Streifenbearb.	1.42	1.51	1.54	19.6	15.5	13.8
Großstolpen (Kr. Borna) ²						
Grubbern ganzfl.	1.16 a	1.22	1.44 a	23.8 a	21.6 a	11.9
Streifenbearb.	1.26 b	1.27	1.30 b	17.9 b	16.5 b	13.8
Großstolpen (Kr. Borna) – Kippstandort ²						
Grubbern ganzfl.	1.44	1.56	1.66 a	15.8	12.3 a	6.7
Streifenbearb.	1.48	1.62	1.56 b	12.0	7.5 b	8.5

Anlage der Varianten: ¹ Herbst, ² Frühjahr.

zwischen den Varianten weder bei Körnermais (Standort Hinsdorf) noch Silomais (beide Versuche auf dem Standort Großstolpen) statistisch signifikant. Die Kombination von Depotdüngung (100 kg/ha Kornkali) und Streifenbearbeitung im Herbst wirkte sich bei vorheriger Stoppelbearbeitung in diesem Versuch positiv auf den Körnermaisertrag im Versuchsjahr 2007 aus.

Tab. 2: Bestandesmerkmale und Erträge 2007

Variante	Saattiefe cm	Feldaufgang Pfl./m ²	Pflanzenverteilung [%]			Ertrag ³	
			optimal 14-17	weit > 17-28	Fehlst. > 28 cm	dt/ha	rel.
Hinsdorf (Kr. Anhalt-Bitterfeld) ¹							
StB, Streifenbearb.	4.2	7.82	37	45	4	92.8	100
Streifenbearb.	3.9	7.86	38	38	7	91.2	98
Großstolpen (Kr. Borna) ²							
Grubbern ganzfl.	5.2	8.57	39	29	5	119.6	100
Streifenbearb.	6.3	8.80	45	20	4	128.6	108
Großstolpen (Kr. Borna) – Kippstandort ²							
Grubbern ganzfl.	5.0	8.62	39	24	5	190.8	100
Streifenbearb.	6.1	8.66	38	25	7	176.7	93

Anlage der Varianten: ¹ Herbst, ² Frühjahr. ³ Standort Hinsdorf – Körnermais (86 % TS), Großstolpen – Silomais (Trockenmasse)

Nach diesen ersten Befunden schafft die Streifenbearbeitung bei Durchführung im Herbst bzw. auch im Frühjahr günstige Auflauf- und Durchwurzelungsbedingungen für den Maisbau. Probleme ergaben sich trotz Einsatz von RTK-GPS mit dem exakten Treffen der partiell bearbeiteten Streifen (Schlitze) bei der Aussaat. Es traten hier Abweichungen von bis zu 5 cm auf. Zur Ableitung von allgemeingültigen Einsatzempfehlungen sind weitere Versuche mit diesem erosionsschützenden, bodenwassersparenden und kostengünstigen Bestellverfahren unter Berücksichtigung eines breiten Körnungsartenspektrums erforderlich.

Literatur

Gustmann, K. 2008: Erste Ergebnisse zur Wirkung der Streifenbearbeitung auf physikalische Bodeneigenschaften und die Pflanzenentwicklung unter mitteldeutschen Standortbedingungen bei Mais. Martin-Luther-Univ. Halle-Wittenberg, Inst. Agrar- u. Ernährungswiss, Diplomarbeit, 71 S.

Auswirkungen unterschiedlicher Reihenweiten und Aussaatstärken auf den Ertrag und die Qualität der Blauen Lupine (*L. angustifolius*) im Ökologischen Landbau

H. Böhm

Einleitung

Der Anbau der Blauen Lupine gewinnt für den Ökologischen Landbau zunehmend an Bedeutung, da die Erzeugung von eiweißhaltigen, ökologisch erzeugten Futtermitteln bei zunehmender ökologischer Schweine- und Geflügelhaltung gute Vermarktungschancen bietet. Aufgrund der geringen Unkraut unterdrückenden Wirkung der Blauen Lupine gestaltet sich der Anbau oftmals schwierig. Im Mischfruchtanbau mit Getreide, dessen Unkraut unterdrückende Wirkung bekannt ist (Bilau et al., 2006), sind die erzielten Ertragsanteile an Blauer Lupine in den Gemengen recht gering (Böhm et al., 2008). Aus diesem Grund wurde geprüft, ob ein Anbau der Blauen Lupine mit weiteren Reihenabständen, der die Möglichkeit einer intensiveren mechanischen Unkrautregulierung (Hacken) eröffnet, eine Alternative darstellen kann. Im Focus steht neben dem Ertrag und der Qualität ebenfalls die Frage, ob bei weiteren Reihenabständen die Aussaatstärke ohne Ertragseinbußen reduziert werden kann.

Material und Methoden

In den Jahren 2006 und 2007 wurden am Standort Trenthorst [sL, 55 Bodenpunkte] des Institutes für Ökologischen Landbau Parzellenversuche in 4-facher Feldwiederholung mit den Faktoren Sorte [Boruta (endständiger Typ) und Bora (verzweigter Typ)], Reihenweite [RW: 12,5 cm, 25,0 cm und 37,5 cm] sowie Aussaatstärke [S100%: 130 Kö m⁻² Boruta bzw. 100 Kö m⁻² Bora, S75%: 98 Kö m⁻² Boruta bzw. 75 Kö m⁻² Bora] angelegt. Verfahrensbedingt wurden die Varianten mit den größeren Reihenweiten zweimal gehackt, während die Variante mit der Reihenweite 12,5 cm einmal gestriegelt wurde.

An den Ernteproben wurden die Futterqualitäten NIR-spektroskopisch untersucht und bestimmt. Zur Bewertung der Futterqualität wurde die Netto-Energie-Laktation (NEL) und metabolisierbare Energie für Schweine (ME_S) nach DLG-Futterwerttabellen berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die bisher zweijährigen Ergebnisse zeigen einen signifikanten Einfluss des Jahres und der Sorte sowie der Reihenweite auf den Kornertrag, der im Jahr 2006 mit durchschnittlich 19,1 dt ha⁻¹ TM niedriger ausfiel als 2007 mit 23,9 dt ha⁻¹ TM (s. Tab. 1). Die endständige Sorte Boruta wies mit 23,8 dt ha⁻¹ TM einen höheren Ertrag auf als die verzweigte Sorte Bora mit 18,9 dt ha⁻¹ TM. Während die Erträge bei den Reihenweiten 12,5 und 25,0 cm mit 22,1 bzw. 22,3 dt ha⁻¹ TM auf gleichem Niveau lagen, führte die Reihenweite 37,5 cm zu signifikant geringeren Erträgen (19,8 dt ha⁻¹ TM). Dagegen hatte die Reduzierung der Aussaatstärke um 25% keinen signifikanten Effekt auf den Ertrag.

Der Proteingehalt (XP, Tab. 1) wurde nur durch die Reihenweite signifikant beeinflusst, wobei die Proteingehalte bei der Reihenweite 37,5 cm am höchsten waren. Hinsichtlich des Proteinertes wurden signifikante Unterschiede festgestellt,

die jedoch vor allem auf die Unterschiede in der Ertragshöhe zurückzuführen sind. Dadurch ergibt sich auch der höchste Proteinertrag bei der Reihenweite 25,0 cm. Kein Einfluss ging – wie auch bei allen anderen untersuchten Parametern – von der Reduzierung der Saatstärke aus.

Die metabolisierbare Energie für Schweine (ME_S) und die Netto-Energie-Laktation für Milchkühe (NEL) wiesen für die Faktoren Jahr und Sorte sowie Saatstärke gleichgerichtete statistische Unterschiede auf. Der Faktor Reihenweite zeigte für die Berechnung der ME_S keinen Unterschied, wohingegen die Reihenweite 37,5 cm die höchste NEL aufwies.

Tab. 1: Erträge und Qualitäten der Blauen Lupine in Abhängigkeit der Hauptfaktoren Jahr, Sorte, Reihenweite und Saatstärke

		Ertrag [dt ha ⁻¹ TM]	XP [% in TM]	XP-Ertrag [dt ha ⁻¹ TM]	ME _S [MJ kg ⁻¹ TM]	NEL [MJ kg ⁻¹ TM]
Jahr	2006	19,11 a	35,88 ns	6,86 b	15,86 b	9,10 b
	2007	23,83 b	36,03 ns	8,56 a	15,75 a	9,04 a
Sorte	Bora	18,90 a	36,05 ns	6,82 b	15,84 b	9,08 b
	Boruta	23,83 b	35,86 ns	8,52 a	15,78 a	9,05 a
Reihenweite	12,5 cm	22,10 b	35,83 a	7,91 a	15,80 ns	9,06 a
	25,0 cm	22,32 b	35,83 a	8,00 b	15,80 ns	9,07 ab
	37,5 cm	19,75 a	36,22 b	7,15 a	15,82 ns	9,08 b
Saatstärke	100%	22,13 ns	35,86 ns	7,93 ns	15,80 ns	9,07 ns
	75%	20,78 ns	36,06 ns	7,48 ns	15,81 ns	9,07 ns

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen einen signifikanten Unterschied, Tukey-Test, α = 0,05, ns = nicht signifikant

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass der Anbau der Blauen Lupine mit unterschiedlichen Reihenabständen unter den gegebenen Standortbedingungen Auswirkungen auf die dargestellten Parameter aufwies. Der Anbau mit einem Reihenabstand von 25,0 cm führte zu gleich hohen Erträgen wie der Anbau mit 12,5 cm bei gleichzeitig höherem Proteinertrag. Der Kornertrag bei 37,5 cm Reihenabstand war deutlich reduziert. Beachtet werden muss jedoch der höhere Aufwand, der für das Hacken der Bestände erbracht werden muss. Der Bekämpfungserfolg durch Hacken war jedoch in der Regel höher als beim einmaligen Striegeln. Die Reduzierung der Saatstärke hatte in diesen Untersuchungen in keinem Fall einen negativen Einfluss auf die untersuchten Parameter.

Literatur

- Bilau, A.; Böhm, H.; Gerowitt, B. (2006): Unkrautunterdrückende Wirkung von Mischfruchtbeständen mit Blauer Süßlupine (*L. angustifolius*) im Ökologischen Landbau. In: Herrmann A und Taube F (2006): Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss. **18**, 72-73.
- Böhm, H.; Bramm, A.; Aulrich, K.; Rühl, G. (2008): Effect of different sowing densities in mixed cultivation of blue lupin (*L. angustifolius*) with spring crops on yield and quality. In: 12th International Lupin Conference, Perth, Australia (in press).

Verteilung der Wurzelmasse von Leguminosen in niedersächsischen Ackerböden

R. Jung & R. Rauber

Einleitung

Leguminosen sind in zahlreichen Fruchtfolgen der landwirtschaftlichen Praxis, z.B. im ökologischen Landbau, unverzichtbar. Die Fähigkeit vieler Leguminosenarten, den Boden tiefgründig zu durchwurzeln, bringt zahlreiche Vorteile für Gesundheit und Ertragsfähigkeit von Acker- und Grünlandböden. Aus diesem Grund ist die Kenntnis der beim Feldfutterbau zurückbleibenden Wurzelmassen von hoher Bedeutung.

Material und Methoden

Untersucht wurden die drei Leguminosenarten Luzerne (*Medicago sativa*), Rotklee (*Trifolium pratense*) und Persischer Klee (*Trifolium resupinatum*) an drei bezüglich Klima und Boden stark variierenden Standorten in Niedersachsen (Jung, 2004). Die Entnahme von Bodensäulen im Feld jeweils nach dem letzten Schnitt wurde manuell mit Hilfe von Rammkernsonden (Fa. Eijkelkamp; Ø ca. 9 cm, Länge: ca. 110 cm) und einem elektrisch betriebenen Abbruchhammer (Fa. Makita) durchgeführt. Die Wurzeln wurden mit Hilfe einer Wurzelwaschanlage (Fa. UP) von der Bodenmatrix getrennt und mit einem Sieb (0,2 mm² Maschenweite) aufgefangen. Fremdpartikel (z.B. Stroh, Kies) wurden entfernt.

Die Ergebnisse werden für vier Tiefenstufen (0 bis 25 cm, 25 bis 50 cm, 50 bis 75 cm und 75 bis 100 cm) und deren Summe in dt TM ha⁻¹ angegeben (Tab. 1). Bei der Interpretation der Daten ist zu beachten, dass lediglich Luzerne und Rotklee als Herbstaussaaten in zwei aufeinander folgenden Hauptnutzungsjahren (HNJ) angebaut wurden (überjährige Nutzung 2000 und 2001). Persischer Klee wurde unabhängig (zwei getrennte Versuchsanlagen 2000 und 2001) als Sommerung genutzt. Zudem kam es bei dieser Art zu einem Ernteausfall (2. Jahr Auenlehm).

Ergebnisse und Diskussion

Luzerne zeigte im ersten und im zweiten HNJ auf Auenlehm sowie im 2. HNJ auf dem Sandboden signifikant höhere Gesamtwurzelmassen (72 bis 93 dt TM ha⁻¹) als Rotklee und Persischer Klee (6 bis 41 dt TM ha⁻¹). Dies gilt ebenso für die Einzelvergleiche der vier Tiefenstufen (Tab. 1). Die hohen Luzerne-Wurzelmassen auf dem bodensauren Sandboden (pH 5,6) erklären sich möglicherweise durch längere niederschlagsarme Zeiträume. Die Luzerne als Pflanze semiarider Klimate kompensiert diese wahrscheinlich durch Bildung erhöhter Wurzelmasse, um so Bodenwasser besser aufnehmen zu können. Bemerkenswert ist weiterhin, dass Luzerne selbst auf dem zweiten potentiell ungeeigneten Standort (küstennaher Marschboden) relativ hohe Wurzelmassen aufwies (bis zu 32 dt TM ha⁻¹).

Die Wurzelmassen des Rotklees waren tendenziell auf dem Auenlehm am höchsten (37 bis 41 dt TM ha⁻¹), jedoch ohne signifikante Unterschiede zu jenen auf den Sand- oder Marschböden (22 bis 35 dt TM ha⁻¹) aufzuweisen. Ferner wurden im 2. HNJ auf allen Standorten höhere Rotklee-Wurzelmassen als im 1. HNJ beobachtet. Ab 50 cm Bodentiefe fanden sich unter Rotklee auf allen Standorten nur noch geringe Wurzelmenngen (≤ 1 dt TM ha⁻¹).

Beim Persischen Klee wurden verhältnismäßig geringe Wurzelmassen (6 bis 18 dt TM ha⁻¹) gefunden, wobei dies vor allem im 2. Jahr auf Etablierungsprobleme und ausgedünnte Bestände in Folge lang anhaltender Trockenheit zurückgeführt werden kann. Es existieren nur wenige Vergleichswerte für Persischen Klee. Beispielsweise werden für den Hauptfruchtfutterbau dieser Art in KTBL (2005) Wurzelückstände in Höhe von 25 bis 30 dt TM ha⁻¹ angegeben.

Tab. 1: Die Wurzelmassen (in dt TM ha⁻¹) dreier Leguminosenarten des Feldfutterbaus auf unterschiedlichen Standorten in Niedersachsen.

		1.Jahr					2.Jahr				
		0-25	25-50	50-75	75-100	Σ	0-25	25-50	50-75	75-100	Σ
		Bodentiefe in cm					Bodentiefe in cm				
Luzerne	Auenlehm	57 a	14 a	5 a	3 a	79 a	54 ab	11 a	4 a	3 a	72 ab
	Sand	20 bc	5 b	<1 b	<1 b	26 bc	80 a	10 a	3 ab	<1 c	93 a
	Marsch	19 bc	3 b	1 b	<1 b	23 bc	28 bc	3 b	1 bc	<1 c	32 bc
Rotklee	Auenlehm	32 b	3 b	1 b	<1 b	37 b	36 bc	3 b	1 bc	1 b	41 bc
	Sand	20 bc	2 b	<1 b	0 b	22 bc	32 bc	2 b	1 bc	<1 bc	35 bc
	Marsch	23 bc	2 b	1 b	1 b	27 bc	28 bc	2 b	1 bc	<1 c	30 bc
Persischer Klee	Auenlehm	6 c	1 b	n.e.	n.e.	7 c	----- Ernteaussfall -----				
	Sand	17 bc	1 b	n.e.	n.e.	18 bc	7 c	<1 b	<1 c	<1 bc	8 c
	Marsch	11 bc	1 b	n.e.	n.e.	12 bc	4 c	1 b	<1 bc	<1 c	6 c

Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen spaltenweise signifikant verschiedene Mittelwerte (Scheffé-Test mit p < 0.05)
Luzerne und Rotklee: n = 9; Persischer Klee: n = 6; n.e.: nicht ermittelt

Die Verteilung der Wurzelmassen auf die verschiedenen Bodentiefen unterschied sich zwischen den Arten. Während Luzerne in den Tiefenstufen zwischen 25 und 100 cm durchschnittlich 25 % (1. HNJ) und 17 % (2. HNJ) der Gesamtwurzelmasse aufwies, so enthielten diese Bodenschichten nur 13 % (1. HNJ) und 10 % (2. HNJ) der Rotklee-Gesamtwurzelmasse. Die Wurzeln des Persischen Klees wurden in tieferen Bodenschichten (> 25 cm) kaum nachgewiesen. Interessant zu erfahren war gleichfalls, ob in einer Tiefe von 75 bis 100 cm nennenswerte Wurzelmassen der Leguminosen vorkamen. Dies war lediglich für Luzerne auf Auenlehm zutreffend (durchschnittlich ca. 3 dt TM ha⁻¹ im 1. und 2. Jahr).

In der Literatur werden für ein- und zweijährige Luzerne- und Rotkleekulturen vielfach Wurzelmassen genannt, die mit den hier vorgestellten Daten vergleichbar sind (Klimanek, 1987; KTBL, 2005). Die Abhängigkeit der gebildeten Wurzelmasse von der Anbaudauer, dem Standort, der Bodentiefe sowie von der Pflanzenart wird durch diese Untersuchung unterstrichen.

Literatur

- Jung, R., K. Schmidtke & R. Rauber, 2004: Gesamtpflanzliche N₂-Fixierleistung und N-Flächenbilanzsaldo beim Anbau von Luzerne, Rotklee und Persischem Klee. Mitt. Ges. Pflanzenbauwissenschaften 16, 65-66.
- Klimanek, E.M., 1987: Ernte- und Wurzelrückstände landwirtschaftlich genutzter Fruchtarten. Akademie der Landwirtschaftswissenschaften der DDR, Müncheberg.
- KTBL (Hrsg.), 2005: Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Auflage, Darmstadt.

Der Vorteil von Stallmist gegenüber pflanzlichem organischem Dünger für den Ertrag von Rotklee und den Humusgehalt des Bodens

J. Raupp, A.-M. Jarosch & M. Oltmanns

Einleitung

Die Wirkung pflanzlicher organischer Dünger (meist Leguminosenschrot) wurde bislang vorwiegend im Jahr der Anwendung, aber nicht als Langzeiteffekt auf Erträge und Bodenentwicklung untersucht. Ein direkter Vergleich mit Stallmist unter Feldbedingungen findet in der Regel nicht statt. Deshalb haben wir in einem Langzeitversuch (seit 1996) Stallmistdüngung, organische Dünger pflanzlicher Herkunft (meist Ackerbohnschrot) und Mineraldüngung miteinander verglichen.

Material und Methoden

Der Versuch lag auf einer sandigen Braunerde in trocken-warmem Klima (590 mm, 9,6 °C) bei Darmstadt. Als randomisierter Block mit sechs Wiederholungen sind Düngungsvarianten angelegt mit Rottemist (RM1), Ackerbohnschrot (AB) und Mineraldüngung (MIN), jeweils in Aufwandmengen von 100 kg ha⁻¹ Gesamt-N. Zusätzlich wird Rottemist in höherer Dosis (170 kg ha⁻¹ Gesamt-N) gegeben (RM2). Alle organischen Dünger werden auch mit Anwendung der biologisch-dynamischen Präparate praktiziert (RMBD1, RMBD2, ABBD). Am 04.04.07 wurde Rotklee (*Trifolium pratense* L. cv. Maro) ausgesät, der in allen Varianten ungedüngt blieb, um die Nachwirkung der Düngung festzustellen. Die Vorfrucht war Winterroggen. Am 14.06., 17.07. und 12.09. wurde der Klee geschnitten. Am 26.10 wurden Bodenproben gezogen (0-25 cm) und auf Kohlenstoff untersucht (Dumas). Mit den Daten wurde eine ANOVA gerechnet; signifikante Unterschiede zwischen Mittelwerten sind mit ungleichen Buchstaben markiert (p<0,05).

Ergebnisse und Diskussion

In allen drei Schnitten brachte die Nachwirkung der pflanzlichen Dünger niedrigere Frisch- und Trockenmasse-Erträge als die N-gleichen Stallmistvarianten (Tab. 1), in der Summe 448 statt 575 dt ha⁻¹ Frischmasse (Abb. 1). Der Ertrag nach Mineraldüngung lag zwischen den beiden anderen Düngerarten, kam aber der Mistvariante meist näher als der Ackerbohnenvariante. Den insgesamt höchsten Ertrag lieferte Rotklee nach Stallmist in höherer Aufwandmenge, gegenüber der normalen Dosis war ein Anstieg um 15-20 % festzustellen.

Die gleiche Differenzierung zeigten zuvor schon die Humusgehalte (Abb.2). Auch hier lag die pflanzliche organische Düngung mit 0,74 % C_{org} statistisch auf dem Niveau der Mineraldüngung.

In 2005 zeigten Kartoffeln negative Effekte der pflanzlichen Düngung auf die Knollenqualität (Extrakt dunklung) bei gleichem Nitrat-, aber etwas geringerem Kaliumgehalt (Raupp & Oltmanns, 2006). Gemessen an den Langzeiteffekten auf Boden und Erträge scheint also die pflanzliche Düngung dem Stallmist unterlegen zu sein.

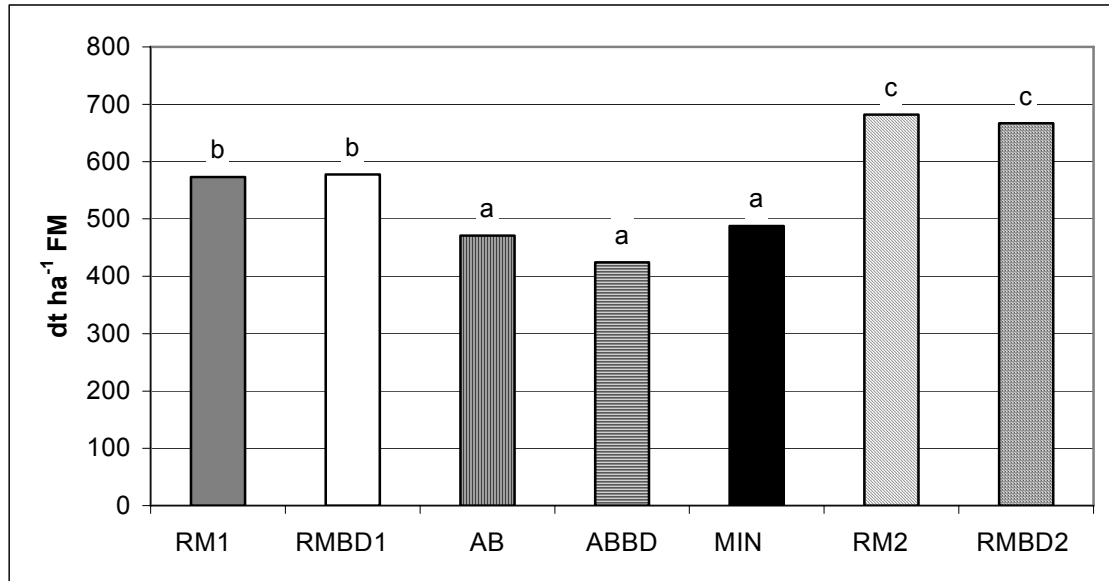


Abb. 1: Erträge von Rotklee (dt ha⁻¹ FM) als Summe von drei Schnitten in Abhängigkeit von der Düngung in vorausgegangenen Jahren; Varianten siehe Text

Tab. 1: Erträge von Rotklee (dt ha⁻¹ FM) von drei Schnitten nach verschiedener Düngung in vorausgegangenen Jahren; Varianten siehe Text

Aufwuchs	RM1	RMBD1	AB	ABBD	MIN	RM2	RMBD2
1	260 b	259 b	213 a	192 a	198 a	306 b	297 b
2	215 bc	215 bc	178 ab	156 a	195 b	248 c	241 c
3	98 a	103 ab	80 a	77 a	95 a	128 b	129 b

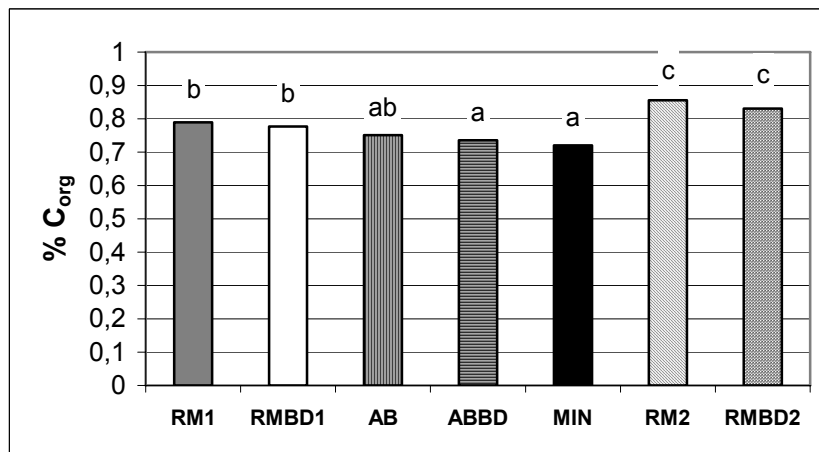


Abb. 2: Organischer Kohlenstoffgehalt (% Trockenmasse) im Oberboden nach 10 Jahren verschiedener Düngung; Varianten siehe Text;

Literatur

Raupp, J.; Oltmanns, M. (2006): Effects of plant based organic fertilizer (faba bean meal) compared to farmyard manure on yield and quality of potatoes and soil organic matter levels. Proc. European Joint Organic Congress, Odense (Denmark), May 30 - 31, 2006; 296-297

Vorfruchteffekte auf Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrüben - Erste Ergebnisse eines Dauerversuchs

A. Beining & H.-J. Koch

Einleitung

Die Forderung nach ökologisch wie ökonomisch effizienten landwirtschaftlichen Produktionsverfahren macht eine umfassende Bewertung von Fruchtfolgesystemen als Grundlage einer nachhaltiger Landnutzung notwendig.

Die Wirkungsmechanismen von Fruchtfolgen sind jedoch vielschichtig und unterliegen natürlichen Klima- und Bodenverhältnissen sowie vielfältigen pflanzenbaulichen Eingriffsmöglichkeiten, die erst in ihrer Summe und Wechselwirkungen das standörtliche Ertragspotenzial bestimmen.

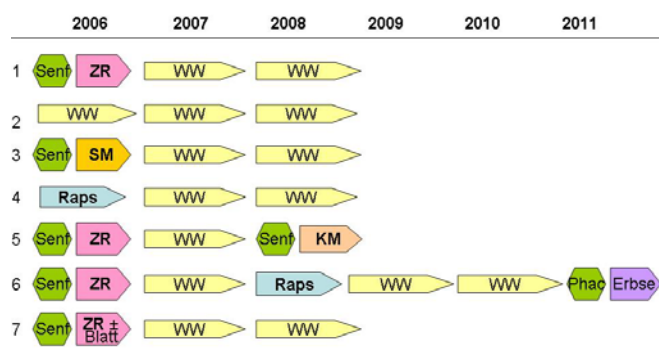
Der hier vorgestellte Dauerversuch zielt daher auf einen Vergleich verschiedener Fruchtfolgen und einem verbesserten Verständnis der Vorfruchtwirkungen hinsichtlich Ressourcennutzung, Bodenfruchtbarkeit sowie Vermeidung phytosanitärer Probleme.

Als Folge der derzeitigen agrarpolitischen Rahmenbedingungen ist besonders im Zuckerrübenanbau eine Verschiebung der Anbauschwerpunkte und damit eine veränderte Fruchtfolgegestaltung zu beobachten. Erste Versuchsergebnisse zielen daher auf die Bewertung unterschiedlicher Vorfrüchte hinsichtlich der Ertrags- und Qualitätsparameter von Zuckerrübe.

Material und Methoden

Um mögliche Unterschiede und die spezifischen Wirkungszusammenhänge genau zu erfassen, erfolgte in 2006 die Anlage des IfZ-Dauerversuchs „Systemversuch Fruchtfolge“ auf einem Lößstandort in Harste bei Göttingen (8,9 °C, 620 mm Niederschlag). Das Versuchsdesign erlaubt einen jahr- und standortspezifischen Fruchtfolgevergleich (Abb. 1)

Abb.: 1: Versuchsdesign des IfZ-Dauerversuchs "Systemversuchs Fruchtfolge"



Die hier vorgestellten Ergebnisse beziehen sich auf den Einfluss der Vorfrüchte Winterweizen, Körnermais und Körnererbse auf den nachfolgenden Zuckerrübenanbau (Fruchtfolge 1, 5, 6). Hierzu wurde die Dynamik des Feldaufgangs sowie die Ertrags- und Qualitätsparameter von *Beta vulgaris* während der Vegetationsperiode erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Erste Ergebnisse verdeutlichen den Einfluss der verschiedenen Vorfrüchte auf das Ertragspotenzial der nachgebauten Zuckerrüben.

Bereits zu Beginn der Vegetationsperiode zeigten die Rüben nach Vorfrucht Winterweizen und Körnererbse gegenüber Körnermais einen zügigeren Feldaufgang und somit die Möglichkeit einer raschen Bestandesetablierung (Daten nicht gezeigt). Darüber hinaus konnten höchste Trockenmasseerträge bei Blatt und Rübe nach Vorfrucht Winterweizen und Erbse über den gesamten Vegetationszeitraum nachgewiesen werden (Abb. 2 a).

Hinsichtlich der Qualitätsparameter ließ sich jedoch keine Differenzierung in Abhängigkeit von der Vorfrucht aufzeigen (Abb. 2 b), so dass die Unterschiede im Bereinigten Zuckerertrag maßgeblich auf unterschiedliche Trockenmasseerträge zurückzuführen sind.

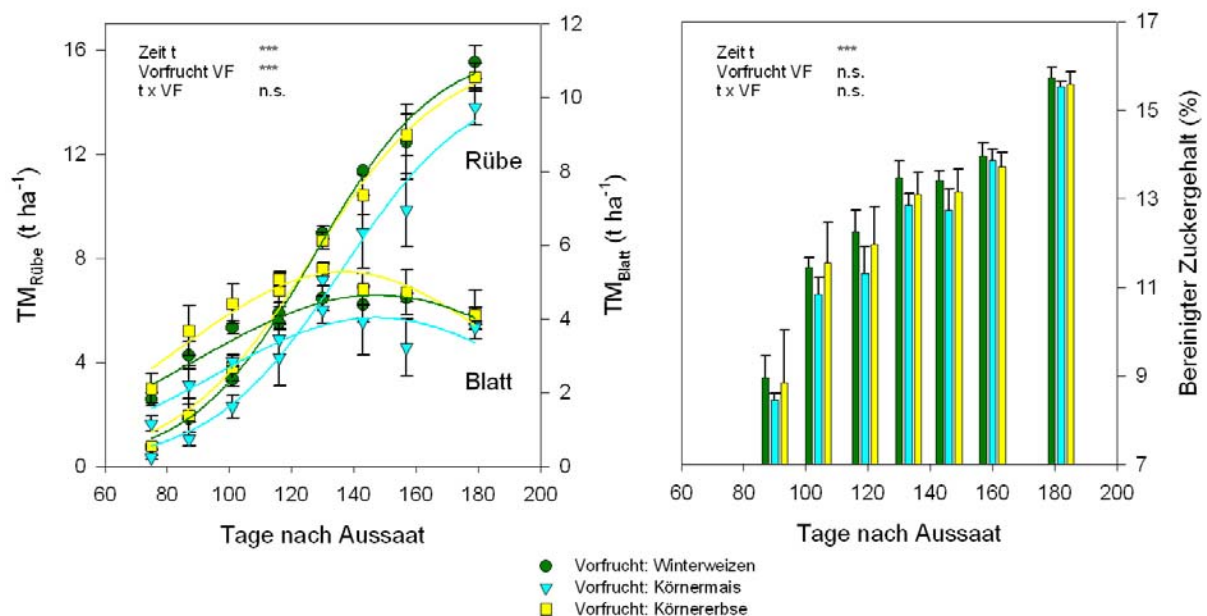


Abb. 2: Einfluss verschiedener Vorfrüchte auf (a) Trockenmassebildung (Blatt, Rübe) und (b) Bereinigten Zuckergehalt von *Beta vulgaris*

Schlussfolgerung

Unterschiede in Bestandesentwicklung und Ertrag von Zuckerrüben nach unterschiedlichen Vorfrüchten belegen die Bedeutung einer angepassten Fruchtfolgegestaltung. Weitere Untersuchungen zu möglichen Ursache-Wirkungs-Zusammenhängen werden zukünftig in das Versuchsprogramm integriert, um so die Vorfruchtwirkung hinsichtlich Nährstoffverfügbarkeit, Bodenfruchtbarkeit und Pflanzengesundheit bei der Fruchtfolgegestaltung genau quantifizieren zu können.

Abbau unterschiedlicher ligninhaltiger Ernterückstände von Mais durch verschiedene Weißfäulepilze

A. Abele, V. Saele, W. Hermann, S. Graeff & W. Claupein

Einleitung

Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON) steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen insbesondere unter nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren. Die Infektion geht jeweils von den Resten der jeweiligen Vorfrucht aus. Ein schnellerer Abbau der Erntereste durch den Einsatz saprophytärer Pilze könnte dazu beitragen, die Fusariuminfektion in der Folgekultur Weizen zu mindern.

Da der Anteil der Rohfaserfraktionen in den verbleibenden Ernteresten (Stängel, Blatt, Kolben/Spindel) verschieden ist, sollte das Abbauverhalten zweier ausgewählter Weißfäulepilze genauer untersucht werden. Der Abbau von Trockenmasse, Hemicellulose, Cellulose und Lignin wurde über einen Zeitraum von 12 Wochen untersucht. Des Weiteren sollte durch die Studie die Homogenität des Ausgangssubstrates für weitere Untersuchungen ermittelt und verbessert werden.

Material und Methoden

Für die Ermittlung des Abbauverhaltens von Weißfäulepilzen auf unterschiedlichen Substraten wurde im Jahr 2006 auf der Versuchsstation Ihinger Hof gesammeltes Maisstroh der Sorte Shory in die Maisbestandteile Stängel, Blatt und Korn/Spindel getrennt und bei 105 °C getrocknet. Das Material wurde mittels einer Wiley – Mühle (Trabender) auf eine Partikellänge von 1 mm gemahlen.

Das gemahlene Material wurde in einem Laborversuch mit 2 ausgewählten Weißfäulepilzen *Phanerochaete chrysosporium* (Centraalbureau voor Schimmelcultures Utrecht) und *Cyathus striatus 1* (Versuchsstation Ihinger Hof, Deutschland) in jeweils 3 Wiederholungen bei 25 °C im Keimschrank im Dunkeln über 12 Wochen inkubiert. Hierzu wurden jeweils 20 g Substrat und 75 ml H₂O dest. in 850 ml Weithalsgläsern eingefüllt und mit sechs 0,5 cm² großen Pilzstücken beimpft. Das Maisstroh wurde zuvor durch zweimaliges Autoklavieren (121 °C; 20 min) im Abstand von 24 h sterilisiert.

Zur Bestimmung der Abbauraten durch die unterschiedlichen Pilze wurden nach 4, 8 und 12 Wochen die Maisstrohproben über Nacht bei 105 °C getrocknet und die Trockensubstanz bestimmt. Die Konzentration von NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre) und ADL (acid detergent lignin) wurde in einem fibretec System (Tecator) nach GOERING und VAN SOEST in Anlehnung an das LUFÄ – Methodenbuch (1976) bestimmt. Die Abbauraten wurden über eine einfaktorielle Varianzanalyse statistisch mit Hilfe des Programm SigmaStat 3.5 (Jandel Scientific, San José, USA) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

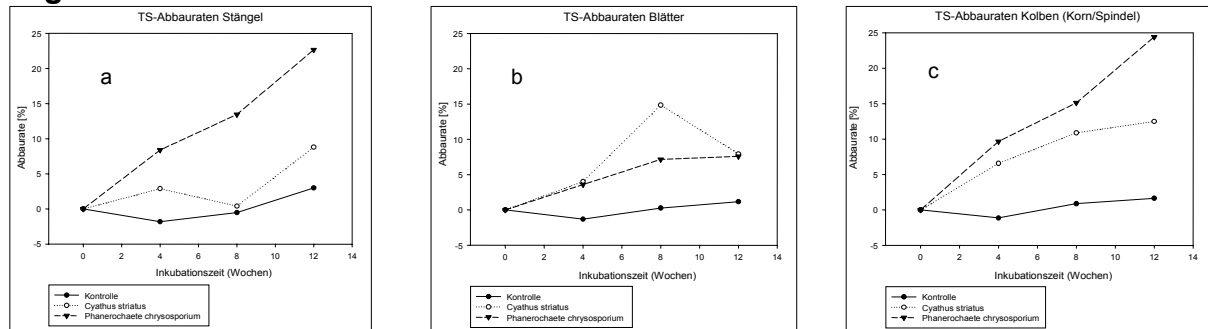
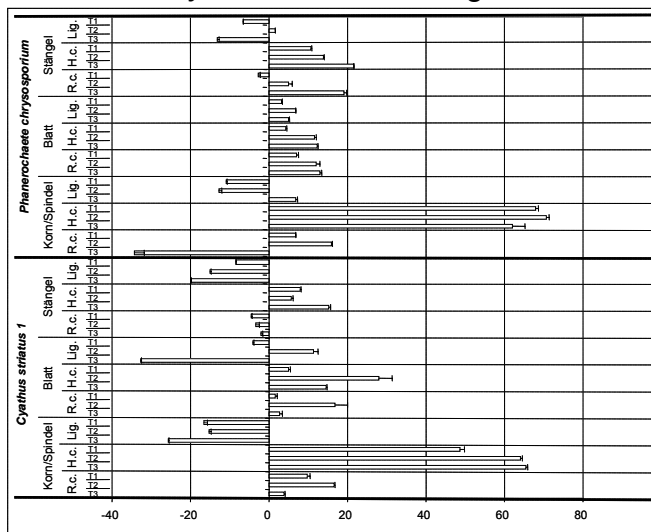


Abbildung 1: Trockensubstanzabbau (%) über einen Zeitraum von 12 Wochen a) = Stängel b) = Blätter c) = Korn/Spindel

Die Ergebnisse in Abb. 1 zeigen, dass bei beiden Pilzen über einen Zeitraum von 12 Wochen der Abbau der Trockensubstanz (%) in nahezu allen Varianten zunahm. *Phanerochaete chrysosporium* zeigte dabei eine signifikant bessere Abbaufähigkeit bei Stängeln mit 22,8 % im Vergleich zu *Cyathus striatus* 1 mit 8,8 % nach 12 Wochen Inkubationszeit. Auch die Korn / Spindel Fraktion wurde von *Phanerochaete chrysosporium* mit 24,4 % zu 12,5 % etwas besser, aber ohne signifikante Unterschiede zu *Cyathus striatus* 1 abgebaut. Dagegen wurden die Blätter etwas besser von *Cyathus striatus* 1 abgebaut.



Es zeigte sich in Abb. 2, dass beide Pilze bevorzugt zucker- bzw. stärkehaltiges Material d.h. in erster Linie Korn / Spindel abbauen. Tendenziell wurde von beiden Pilzen Hemicellulose und Rohcellulose besser als Lignin abgebaut. Die geringe Variationsbreite der Wiederholungen lässt eine gute Homogenität des Ausgangssubstrates erkennen.

Abbildung 2: Abbau (%) von Rohcellulose (R.c.), Hemicellulose (H.c.) und Lignin nach 2, 4 und 12 Wochen durch die Weißfäulepilze

Zusammenfassung

Es konnte festgestellt werden, dass bei beiden Pilzen der Abbau der unterschiedlichen Materialien über die Zeit anstieg. Beide Pilze bevorzugten zucker- bzw. stärkehaltiges Material (Korn/Spindel) und bauten tendenziell leichter Hemicellulose und Rohcellulose als Lignin ab. Die Homogenität der Substrate konnte durch die Trennung der einzelnen Maisbestandteile verbessert werden. Um nähere Aussagen treffen zu können, sind weitere Untersuchungen erforderlich.

Literatur

- Goering, H.K. und P.J. Van Soest (1970): Forage fiber analyses (apparatus, reagents, procedures and some applications). Handbuch 379. U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C.
- Naumann, C., und R. Bassler (1976): Methodenhandbuch Band III: Die chemische Untersuchung von Futtermitteln, Verband deutscher landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten VDLUFA – Verlag, Darmstadt

Saprophytische Wettbewerbsfähigkeit von Weißfäulepilzen gegenüber Fusarien

A. Abele, T. Schneider, S. Graeff, W. Hermann & W. Claupein

Einleitung

Zu den bedeutendsten pilzlichen Krankheitserregern beim Getreideanbau in Deutschland gehören Pilze aus der Gruppe der Fusarien. Die Verunreinigung von Weizenkorngut mit Mykotoxinen, vor allem mit Deoxynivalenol (DON) steht in Verbindung mit den Vorfrüchten Mais und Weizen in Interaktion mit nichtwendenden Bodenbearbeitungsverfahren. Hierfür sind in erster Linie die auf der Bodenoberfläche liegenden, oftmals nur langsam verrottenden Maisstoppel verantwortlich. Ein schnellerer Abbau der Erntereste durch den Einsatz saprophytärer Pilze könnte dazu beitragen, die Fusariuminfektion in der Folgekultur Weizen zu mindern. Die Konkurrenzfähigkeit der Weißfäulepilze gegenüber Fusarien, die relevant für die Wirksamkeit eines entsprechenden Verfahrens ist, wurde in einem Laborversuch untersucht. Zusätzlich wurde eine Beeinflussung des Abbauverhaltes ermittelt.

Material und Methoden

In einem Laborversuch wurden auf 1 mm gemahlene Maisblätter mit 2 ausgewählten Weißfäulepilzen *Phanerochaete chrysosporium* (Centraalbureau voor Schimmelcultures Utrecht) und *Cyathus striatus 1* (Versuchstation Ihinger Hof, Deutschland) in jeweils 3 Wiederholungen bei 25 °C im Keimschrank im Dunkeln inkubiert. Hierzu wurden jeweils 20 g Substrat und 75 ml H₂O dest. in 850 ml Weithalsgläsern eingefüllt und mit 0,5 cm² großen Pilzstücken (Tab.1) beimpft. Das Maisstroh wurde zuvor durch zweimaliges Autoklavieren (121°; 20 min) im Abstand von 24 h sterilisiert. Zur Bestimmung der Abbaurrate durch die unterschiedlichen Pilze wurden die Maisstrohproben nach 12 Wochen bei 105°C über Nacht getrocknet und die Trockensubstanz bestimmt.

Tab 1: Versuchsplan zum Abbauersuch.

	Pilzkonzentration in Agarstücken pro Glas		
	<i>Fusarium culmorum</i>	<i>Cyathus striatus 1</i>	<i>Phanerochaete chrysosporium</i>
Var. 1	0	0	0
Var. 2	5	0	0
Var. 3	0	5	0
Var. 4	0	0	5
Var. 5	5	5	0
Var. 6	5	0	5
Var. 7	10	5	0
Var. 8	10	0	5
Var. 9	5	10	0
Var.10	5	0	10

Ergänzend zu den Pilzkulturen in den Gläsern wurde ein weiterer, einfacher Versuchsansatz zur visuellen Beurteilung der saprophytischen Wettbewerbsfähigkeit der unterschiedlichen Pilze durchgeführt. Hierzu wurden die drei Pilze auf Petrischalen mit Malz-Pepton-Agar in Reinkultur und den Mischungsverhältnissen 1:1, 1:2 und 2:1 platziert, um den optischen Vergleich zu vereinfachen. Nach 3 bzw. 44 Tagen wurden die bewachsenen Platten fotografiert und mit Hilfe der digitalen Bildbearbeitung von „Adobe Photoshop“ ausgewertet.

Die Konzentration von NDF (neutral detergent fibre), ADF (acid detergent fibre) und ADL (acid detergent lignin) wurde in einem fibretec System (Tecator) nach

GOERING und VAN SOEST in Anlehnung an das LUFA – Methodenbuch (1976) bestimmt. Die Abbauraten wurden über eine einfaktorische Varianzanalyse statistisch mit Hilfe des Programm SigmaStat 3.5 (Jandel Scientific, San José, USA) ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die visuelle Beurteilung des Pilzwachstums ließ erste Rückschlüsse auf die saprophytische Wettbewerbsfähigkeit der verschiedenen Pilze zu. Wie Abb. 1 zeigt, hatte der Fusariumpilz *F. culmorum* eine hohe Initialentwicklung, womit vor allem der Weißfäulepilz *Cyathus striatus* 1 schlecht zurecht kam und im Wachstum gehemmt wurde. *Phanerochaete chrysosporium* konnte sich dagegen besser durchsetzen.

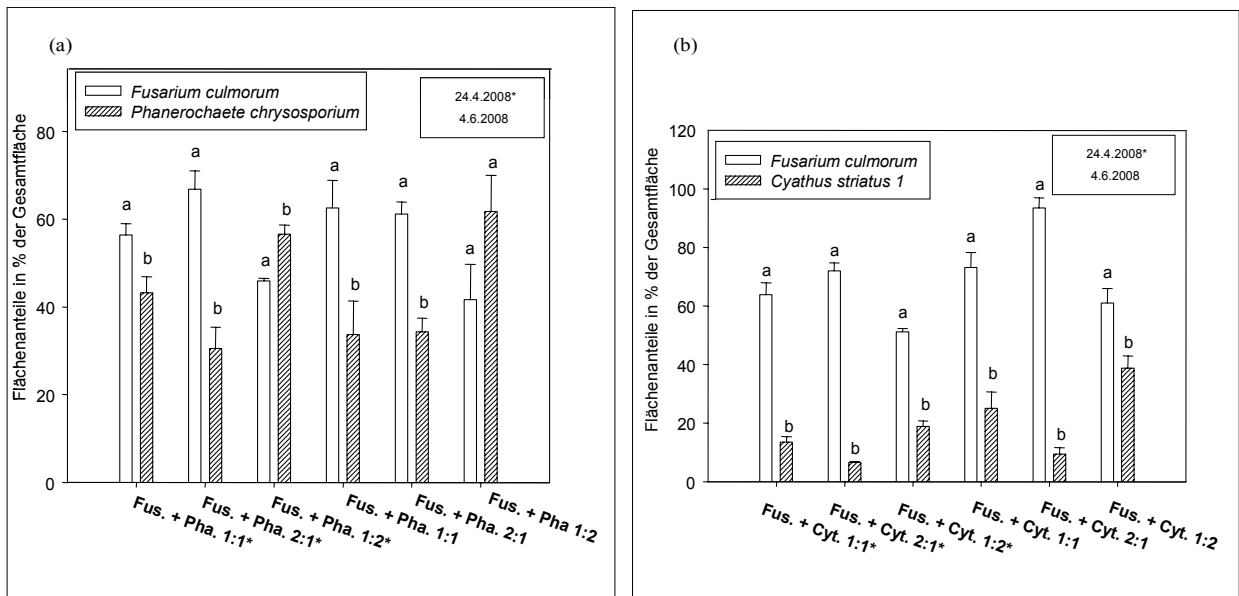


Abb.1: Vergleich der Flächenanteile (%) von (a) *F. culmorum* und *P. chrysosporium* bzw. (b) *F. culmorum* und *C. striatus* 1 nach 3 bzw. 44 Tagen.

Beim Vergleich der Trockenmasse (TM) sowie der Rohfaserfraktionen der Varianten nach 12 Wochen konnten erste Aussagen über das Abbauverhalten der verschiedenen Pilze gemacht werden. Alle Pilze reduzierten die TM und die Rohfaserfraktionen signifikant zur Kontrolle. Im Vergleich der einzelnen Varianten konnte festgestellt werden, dass das Vorhandensein des Fusariumpilzes das Abbauvermögen der Weißfäulepilze nur wenig zu beeinträchtigen.

Zusammenfassung

Zusammenfassend zeigten die Ergebnisse, dass der Fusariumpilz eine höhere Initialentwicklung als die Weißfäulepilze insbesondere als *Cyathus striatus* 1 zu haben jedoch das Abbauverhalten der Pilze nicht signifikant zu beeinträchtigen scheint. Wesentlich für den Erfolg eines entsprechenden praxistauglichen Verfahrens zur Förderung des Abbaus von Ernteresten durch Weißfäulepilze ist möglicherweise die Inkulumkonzentration in der diese vorliegen. Zur Etablierung eines entsprechenden Verfahrens sind weitere Versuche notwendig

Interaktionen wichtiger Agrarumweltindikatoren in Zuckerrübenanbausystemen

P. Deumelandt & O. Christen

Einleitung

Im Rahmen eines Verbundprojektes, koordiniert durch das IfZ, wird in dieser Untersuchung der Fokus auf den Zuckerrübenanbau gelegt. Dazu wurden in 12 landwirtschaftlichen Unternehmen die vollständigen Bewirtschaftungsdaten aus 3 Anbaujahren erhoben, da das gesamte Anbausystem betrachtet werden soll. Auf diese Weise ist es möglich, die Umweltwirkungen der Zuckerrübe auf Betriebsebene sowie über die Fruchtfolgen zu analysieren und anhand verschiedener Agrarumweltindikatoren zu bewerten. In der hier vorliegenden Untersuchung werden die Umweltwirkungen von 6 unterschiedlichen Zuckerrüben – Winterweizen – Winterweizen Fruchtfolgen gegenübergestellt und miteinander verglichen.

Material und Methoden

Zum aktuellen Projektzeitpunkt werden die drei Agrarumweltindikatoren Humusbilanz, Stickstoffbilanz und die Abschätzung des CO₂-Treibhauspotentials auf Fruchtfolgeebene analysiert und bewertet. Als Instrument zur Bewertung wurde das, an der Universität Halle entwickelte Bilanzierungsmodell REPRO verwendet. Die Humusbilanzierung erfolgt mit der Humuseinheiten (HE) – Methode, modifiziert nach HÜLSBERGEN (2003). Der Humussaldo hat über die Änderung des Boden-N-Vorrates Einfluss auf die flächenbezogene Stickstoffbilanz, die die Grundlage der Bewertung des Stickstoffmanagements für den Betrieb bildet.

Der dritte betrachtete Agrarumweltindikator ist das produktionsbedingte CO₂-Treibhauspotential, welches sich aus den gesamten N-Zufuhren (umgerechnet in N₂O-Emissionen), dem direkten, wie auch indirekten Energieeinsatz und der C-Sequestrierung aus der Humusbilanz, errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Der Humusbedarf (Tabelle 1) ist hauptsächlich durch die Ertragshöhen gekennzeichnet. In den untersuchten Fruchtfolgen kann dieser nur teilweise durch Stroh- oder Gründüngung ausgeglichen werden. Nur in der Fruchtfolge 1 kann durch die Zuführung ausreichend organischer Substanz eine positive Humusbilanz erreicht werden. Demgegenüber ist in den weiteren untersuchten Fruchtfolgen von einem Humusabbau bis zu 0,4 HE ha⁻¹ auszugehen.

Tab. 1: Humussalden in HE ha⁻¹

Fruchtfolge ZR-WW-WW	1	2	3	4	5	6
Humusbruttobedarf	-1,33	-1,34	-1,2	-1,29	-1,17	-1,39
<i>Stroh- und Gründüngung</i>	0,67	0,96	0,82	0,87	0,75	0,84
Humusnettobedarf	-0,65	-0,35	-0,36	-0,4	-0,41	-0,53
Humusersatzleistung durch org. Düngung	0,85	0,13	0,16	0,17	0	0,14
Saldo	0,2	-0,23	-0,2	-0,22	-0,41	-0,39

Innerhalb der betrachteten Fruchtfolgen variiert der Stickstoffsaldo, wie in Tabelle 2 dargestellt, zwischen 52 und 113 kg ha⁻¹. Neben der mineralischen Stickstoff-

düngung, hat der Einsatz organischer Dünger eine große Bedeutung für das N-Management. Zum einen wurde der durch Nebenprodukte entzogene Stickstoff direkt auf den Flächen belassen und zum anderen war die Ausbringung von Wirtschaftsdüngern ein Baustein für die Versorgung der Flächen. Die sich aus der Humusbilanz ergebende Änderung im Boden-N-Vorrat fließt als Bilanzglied in die Berechnung mit ein.

Tab. 2: Stickstoffsalden in kg ha⁻¹

Fruchtfolge ZR-WW-WW	1	2	3	4	5	6
Nährstoffentzug ges.	189	216	202	216	167	241
<i>N-Immission</i>	20	20	20	20	20	20
<i>Saatgut, N₂-Fixierung</i>	2	2	2	2	2	3
<i>Org. Düngung ges.</i>	99	106	113	123	49	122
<i>Mineraldünger</i>	165	173	153	172	124	171
Nährstoffzufuhr ges.	286	301	288	318	196	320
Änderung Boden-N-Vorrat	11	-12	-11	-11	-23	-21
Nährstoffsaldo	86	97	97	113	52	101

Das CO₂-Treibhauspotential wird in der Tabelle 3 dargestellt. In der Fruchtfolge 1 wird, wie in der Humusbilanz berechnet, Kohlenstoff im Boden gebunden. Dies hat positive Effekte auf das CO₂-Treibhauspotential (-400 kg ha⁻¹ CO₂ eq.). Die Fruchtfolgen 2 - 5 sind durch Humusabbau gekennzeichnet, woraus sich Emissionen von 450 – 870 kg CO₂ Äquivalente ha⁻¹ ergeben. Für den Energieeinsatz errechnen sich Werte zwischen 830 (FF 3) und 1200 kg CO₂ Äquivalente ha⁻¹ (FF 2). Die Fruchtfolge 5 hat den geringsten N-Input und damit die geringsten N₂O-Emissionen, woraus 980 kg CO₂ Äquivalente ha⁻¹ resultieren. In den Fruchtfolgen 4 und 6 werden mit 1670 kg CO₂ Äquivalente ha⁻¹ die höchsten Emissionen, bedingt durch die Stickstoffzufuhr, berechnet. Das Gesamtemissionspotential der hier untersuchten Fruchtfolgen liegt zwischen 1930 und 3350 kg CO₂ Äquivalente ha⁻¹.

Tab. 3: CO₂-Treibhauspotential in kg CO₂ eq. ha⁻¹

Fruchtfolge ZR-WW-WW	1	2	3	4	5	6
Humus CO ₂ - Äquivalent	- 426	490	426	468	873	830
N ₂ O CO ₂ - Äquivalent	1495	1570	1494	1671	978	1668
Energie CO ₂ - Äquivalent	861	1196	829	877	936	852
Gesamt - Treibhauspotential	1931	3255	2748	3016	2787	3350

Zusammenfassung

Es wird deutlich, dass die Humusversorgung in den Fruchtfolgen eine wichtige Rolle spielt. Eine unzureichende Zufuhr organischer Substanz hat negative Einflüsse, einerseits auf den Stickstoffsaldo, sowie andererseits auf das CO₂-Treibhauspotential. Aus ökologischer Sicht muss die Grundvoraussetzung im Anbau von Zuckerrüben ein akzeptables Gleichgewicht im Humushaushalt, innerhalb der Fruchtfolge, sein. Um dies zu erreichen, ist es wichtig, Nutzpflanzen anzubauen, die den Humushaushalt positiv beeinflussen und / oder die Verwendung organischer Düngemittel in der Fruchtfolge.

Literatur

Hülsbergen, K.J. (2003): Entwicklung und Anwendung eines Bilanzierungsmodells zur Bewertung der Nachhaltigkeit landwirtschaftlicher Systeme. Shaker Verlag Aachen.

Wirkung von Wasserangebot und N-Spät-Düngung auf die Wassernutzungseffizienz und den Ertrag von Weizengenotypen

H. Herzog, M. Grabe & K.-P. Götz

Einleitung

Wasserressourcen begrenzen die landwirtschaftliche Produktion in vielen (semi-) ariden Gebieten, aber auch unter subhumidem Klima in Groß-Britannien leidet Weizen häufig an latentem Wassermangel (Foulkes et al. 2001). Es ist anzunehmen, dass Wassermangel auch in der deutschen Landwirtschaft zukünftig zu einem Problem wird. Daher untersuchten wir den Ertrag, den Wasserverbrauch und die Nutzungseffizienz von 4 Weizensorten aus mediterranem (*Golia*, *Gönen*) und gemäßigttem (*Taifun*, *Monsun*) Klima und ihre Reaktionen auf Wassermangel nach dem Ährenschieben und auf späte N-Gaben.

Material und Methoden

Vier Weizensorten (*Taifun*, *Monsun*, *Golia*, *Gönen*) wurden in Mitscherlich-Gefäßen unter einem Regenschutz im Freiland von April bis August 2007 angezogen. Alle Pflanzen wurden bezüglich Düngung (N, P, K) u. Pflanzenschutz gleich behandelt und regelmäßig bewässert (Bodenfeuchte ~ Feldkapazität). Variiert wurde nur die N-Spät Düngung (30 oder 60 kg Ha⁻¹, über die Pflanzenanzahl berechnet, EC 51) und die Bewässerung während 3 Wochen nach EC 59, wobei die Bodenfeuchte entweder bei voller oder halber Feldkapazität gehalten wurde, so dass sich ein 3-faktorieller Versuch (4 Sorten x 3 N x 2 W) mit 5 Wiederholungen ergab.

Ergebnisse und Diskussion

3-faktorielle Varianzanalysen ließen viele signifikante Interaktionen bezüglich der meisten Merkmale erkennen, besonders zwischen Wasserversorgung und N-Spät-düngung. Verglichen mit der geringen, erhöhte eine hohe N-Dosis Biomasse, Korn-ertrag, Proteingehalt im Korn, Wassernutzungseffizienz (WNE), und Evapotranspirationseffizienz (ETE) bei voller Bewässerung. Bei Defizitbewässerung war dies im Allgemeinen jedoch nicht der Fall.

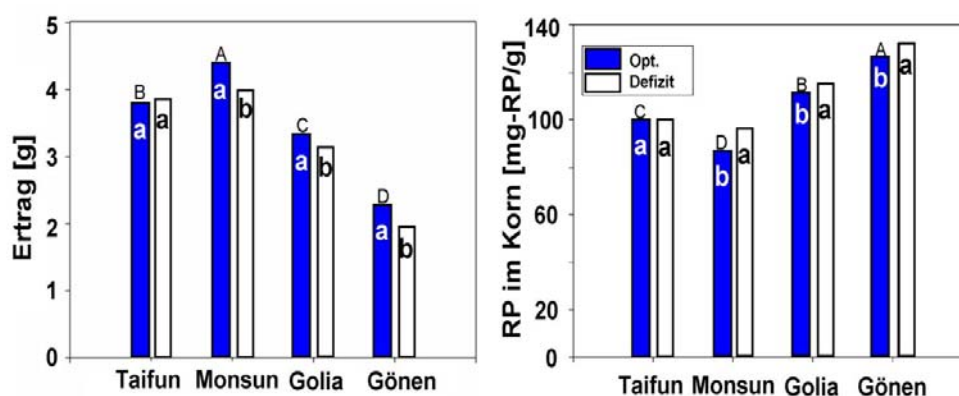


Abb.1: Einfluss der Bewässerung auf Ertrag u. Proteingehalt im Korn (n=5, unter verschiedene Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der Mittelwerte für P=0.0)

Die Sorten unterschieden sich in den meisten Merkmalen beträchtlich, aber zeigten Interaktionen besonders mit der Wasserversorgung. Der Kornertrag voll bewässerter Pflanzen nahm schrittweise von *Monsun* über *Taifun* und *Golia* zu *Gönen* ab; Defizitbewässerung dagegen reduzierte den Kornertrag bei 3 Sorten, aber nicht bei *Taifun* (Abb. 1). Ein ähnliches Bild ergab sich für die Gesamtbiomasse des Haupttriebes. Bei voller Bewässerung zeigte der Rohproteingehalt der Körner eine genotypische Rangfolge spiegelbildlich zum Kornertrag; bei Defizitbewässerung war der Gehalt dagegen in 3 Genotypen erhöht, jedoch nicht bei *Taifun*.

Die Wassernutzungseffizienz (WNE) der Sorten ergab ein identisches Muster wie der Kornertrag unter voller Bewässerung (Abb. 2). WNE nahm schrittweise von *Monsun* über *Taifun* und *Golia* zu *Gönen* ab. Dies wurde bedingt durch eine parallele Abnahme der Evapotranspirationseffizienz (ETE: 3.3 -2.1g L⁻¹) und niedrige Ernteindizes bei *Golia* und *Gönen* (~0.40) verglichen mit *Monsun* und *Taifun* (0,47). WNE wurde bei *Taifun* durch Defizitbewässerung erhöht, aber bei *Gönen* erniedrigt, und blieb unverändert bei den anderen beiden Sorten.

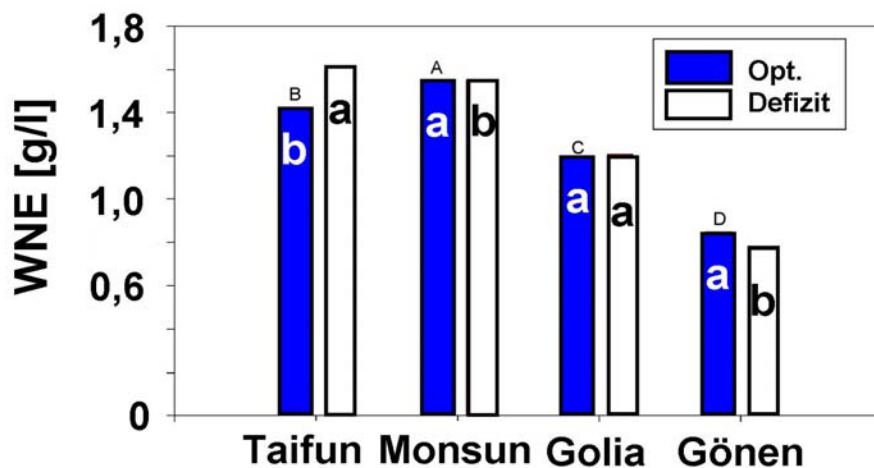


Abb.2: Einfluss der Bewässerung auf WNE (n=5, unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der Mittelwerte für P=0.05)

Es ergaben sich einige Dreifach-Interaktionen, z.B. eine hohe, im Vergleich zu einer niedrigen, N-Dosis führte zu einer beträchtlichen Steigerung des Kornertrages bei voller Bewässerung, während bei Defizitbewässerung nur eine geringe Steigerung bei 3 Sorten auftrat. *Golia* reagierte nicht auf die hohe N-Dosis unabhängig von der Wasserversorgung (Daten nicht dargestellt).

Schlussfolgerungen

Eine erhöhte N-Spätdüngung steigerte Ertrag, Proteingehalt und WNE bei voller Bewässerung, aber war weniger oder nicht effektiv bei Defizitbewässerung nach EC 59. Die beiden mediterranen Genotypen bildeten weniger Biomasse und Ertrag, zeigten aber ähnliche oder höhere Reduktionen durch Defizitbewässerung verglichen mit jenen aus gemäßigttem Klima. Die mediterranen Genotypen erschienen insofern weniger angepasst an Wassermangel nach EC 59, zumal auch WNE, ETE und Ernteindizes geringer waren.

Wirkung von N-Spätdüngung und Wasserangebot auf den Ertrag und die Qualität von Sommerweizen

M. Grabe, H. Herzog, K.-P. Götz*

Einleitung

Ertrag und Qualität von Sommerweizen kann durch die Menge der N-Spätdüngung und den Zeitpunkt der Gabe beeinflusst werden. Unter semi/ariden Bedingungen ist die Aufnahme des Düngestickstoffs möglicherweise nicht optimal. Preisschwankungen auf dem Rohstoffmarkt machen darüber hinaus einen effektiven Einsatz rohstoffintensiver Düngemittel notwendig. Daher wurden Ertrags- und Qualitätsparameter von zwei Weizensorten aus mediterranem Klima und ihre Reaktion auf unterschiedliche späte N-Düngung und Wassermangel nach dem Ährenschieben untersucht. Ziel war es, die Aufnahme, Verteilung und Inkorporation von Stickstoff in die Proteine des Weizenkorns mit Hilfe der ^{15}N -Tracer-Technik zu quantifizieren.

Material und Methoden

Zwei in der Türkei gebräuchliche Weizensorten (*Golia*, aus Italien stammend; *Gönen*, türkischer Genotyp) wurden in Mitscherlich-Gefäßen unter Freilandbedingungen (mit Regenschutz) von April bis August 2006 und nochmals 2007 untersucht. Die Düngung orientierte sich an der türkischen Praxis ($90 + 45 + 45 \text{ kg N ha}^{-1}$) und wurde nur bezüglich der späten N-Gabe variiert (45 oder 60 kg N ha^{-1} , über die Pflanzenanzahl berechnet, Beginn Ährenschieben, EC 51). Zehn Prozent der Spätdüngung wurden in Form von ^{15}N verabreicht. Die Bewässerung wurde während 3 Wochen nach dem Ende des Ährenschiebens, EC 59, differenziert, wobei die Bodenfeuchte entweder bei voller oder halber Feldkapazität gehalten wurde. Die Pflanzen wurden nach der Ernte in Körner, Spross, Blätter sowie Spreu getrennt und N bzw. ^{15}N untersucht. Gluten wurde gemäß ICC-Standard 106/2 isoliert.

Ergebnisse und Diskussion

Bei *Golia* konnte die Trockenmasse der Körner durch eine erhöhte N-Spätdüngung (60 kg N ha^{-1}) gesteigert werden, während *Gönen* keine Reaktion zeigte. Zwischen beiden Sorten bestanden bei niedriger N-Spätdüngung (45 kg N ha^{-1}) bezüglich des Rohproteingehalts (RP) des Korns und der Feuchtglutenausbeute keine Unterschiede. Eine erhöhte N-Spätdüngung führte zu einem Anstieg des RP-Gehaltes nur bei *Gönen*, was auf eine deutlich geringere Korn-Trockenmasse zurückzuführen ist (*Golia*: 3.2 g, *Gönen*: 2,3 g).

Der RP-Gehalt des Glutens zeigte bei niedriger N-Spätdüngung und optimaler Wasserversorgung deutliche sortenspezifische Unterschiede (Tab. 1). Eine Interaktion von Düngermenge und RP-Gehalt im Korn wurde ebenfalls festgestellt. Beide Sorten wiesen bei niedriger N-Spätdüngung deutlich größere Werte auf, als bei erhöhter N-Spätdüngung. Ein erhöhtes N-Angebot war somit nicht mit verstärkter Verlagerung in die Körner verbunden. Ab dem Beginn des Ährenschiebens scheint die Aufnahme und Nutzung von Stickstoff bei einer Gabe von 60 kg N ha^{-1} begrenzt zu sein. Ebenso kann die Remobilisierung des während der gesamten Vegetationsperiode in die Pflanze aufgenommenen Stickstoffs von Bedeutung sein, die bei N-Spätdüngung in Höhe von 45 kg N ha^{-1} bei *Golia* um 10 % größer war als bei *Gönen* (Götz et al. 2008).

* Humboldt-Universität zu Berlin, Fachgebiet Pflanzenbau der Tropen u. Subtropen, Albrecht-Thaer-Weg 5, 14195 Berlin, E-Mail: klaus-peter.goetz@agrar.hu-berlin.de

Beide Sorten zeigen bei erhöhter N-Spätdüngung in Verbindung mit defizitärer Wasserversorgung einen Anstieg des Rohproteingehalts im Gluten (Tab. 1). Es kann daher angenommen werden, dass Wasserdefizit die N-Remobilisierung aus den vegetativen Speicherorganen verstärkt hat.

Tabelle 1: Wirkung unterschiedlicher N-Spätdüngung auf den Rohproteingehalt und den ¹⁵N-Gehalt von Gluten.

Sorte	<i>Golia</i> <i>Gönen</i>		<i>Golia</i> <i>Golia</i>		<i>Gönen</i> <i>Gönen</i>	
N-Spätdüngung	45 kg ha ⁻¹		60 kg ha ⁻¹		60 kg ha ⁻¹	
Wasserversorgung	optimal	optimal	optimal	Defizit	optimal	Defizit
Rohprotein (% TM)	32,3A	27,5B	23,0Ab	27,7Aa	24,4Ab	28,7Aa
¹⁵ N (mg g ⁻¹)	4,1B	4,6A	3,5Bb	4,3Ba	4,1Ab	5,9Aa

[A, B Sortenunterschiede einer Behandlung (N oder Wasserversorgung); a,b Behandlungsunterschiede einer Sorte; n=20; P=0.05]

Der ¹⁵N-Gehalt im Gluten (Tab. 1) zeigte ebenfalls sortenspezifische Unterschiede. *Gönen* wies bei beiden N-Stufen der Spätdüngung einen höheren ¹⁵N-Gehalt im Gluten als *Golia* auf, was bedeutet, dass *Gönen* Stickstoffgaben ab dem Ährenschieben bis zur Reife verstärkt in die Speicherproteine der Körner verlagert. Bei einer N-Spätdüngung 45 kg N ha⁻¹ wiesen beide Sorten einen deutlich höheren ¹⁵N-Gehalt im Gluten auf als bei 60 kg N ha⁻¹. Ein erhöhtes ¹⁵N-Angebot steigerte die Verlagerung in die Speicherproteine der Körner also nicht, vielmehr kann der Stickstoff in anderen Pflanzenorganen verblieben sein. Die Effekte der Höhe der N-Spätdüngung auf die ¹⁵N-Gehalte im Gluten entsprechen damit dem Muster des RP-Gehaltes im Gluten. Bei beiden Sorten führte eine defizitäre Wasserversorgung in Kombination mit einem Angebot von 60 kg N ha⁻¹ zu einem Anstieg des ¹⁵N-Gehalts im Gluten.

Schlussfolgerungen

Die Wirksamkeit eines erhöhten späten N-Angebotes zur Blüte scheint bei beiden Sorten begrenzt zu sein. Eine Erhöhung der Korntrockenmasse war bei *Golia* gering, und bei *Gönen* nicht festzustellen. Die Bildung von Rohprotein im Gluten scheint bei optimaler Wasserversorgung limitiert zu sein. Die Intensität des ab dem Ende des Ährenschiebens (EC 59) eingeleiteten Wasserdefizits führte zu einer erhöhten Rohproteinbildung und zu einem verstärkten Einbau von ¹⁵N im Gluten. Inwieweit dies Einfluss auf qualitätsbestimmende Parameter (z.B. Backqualität) hat, sollte in weiteren Untersuchungen geklärt werden.

Literatur

- Götz, K.-P., Herzog, H. and Erekul, O., 2008: Effects of N-application on utilization of ¹⁵N and ¹³C and quality in two wheat cultivars. *Isotopes in Environmental and Health Studies*, 44, 209-217.
- Götz, K.-P. and Herzog, H., 2007: Relationship between ¹⁵N fertilizer uptake and incorporation into wheat proteins. Towards a better efficiency in N use. Bosch A., Teira M.R., Villar J.M. (eds). Editorial Milenio, Lleida (Spain). ISBN: 978-84-9746-247-4, 486-490.

Symbiontische Luftstickstoffbindung und Ertrag von Blauen Lupinen (*Lupinus angustifolius* L.) in Abhängigkeit von Rhizobienimpfung und Mineraldüngung

W. Merbach, F. Danz, H. Beschow & W. Gans

Einleitung

Wegen ihrer *Anthraco*se-Toleranz werden in Deutschland mehr als 90% der Lupinenanbaufläche mit Blauen Lupinen bestellt. Es erschien daher notwendig, die Ertragsbildung, Stickstofffixierung und Nährstoffverwertung bei den derzeitigen Blaulupinensorten zu prüfen, da für diese im Unterschied zu Weiß- und Gelblupinen (Merbach u. Schilling 1980, Merbach 1983) nur wenige exakte Untersuchungen existieren (vgl. z. B. Schulze et al. 1999). In der vorliegenden Arbeit werden der Einfluss von Rhizobienimpfung sowie N- bzw. K- Lieferung auf die Luftstickstofffixierung und den Ertrag der Blaulupine untersucht.

Material und Methoden

Lupinenpflanzen (Sorte „Boruta“) wurden in Mitscherlichgefäßen mit Quarzsand-Boden-Gemisch kultiviert. Prüffaktoren waren Rhizobienimpfung (ohne oder mit H-Stick/Radicin), N-Düngung (ohne; 0,6 g N pro Gefäß zur Saat; 0,4 g N pro Gefäß zur Blüte) und K – Düngung (ohne; 0,5 bzw. 1 g K pro Gefäß als Kaliumsulfat). N wurde als doppelt ¹⁵N-markiertes Ammoniumsulfat (10 at-%¹⁵N-exc.) verabreicht, um den düngerbürtigen N in den Pflanzen von anderen N-Quellen unterscheiden zu können. Die Ernte erfolgte zur Blüte und zur Reife. Das Erntegut wurde in Wurzeln, Sprosse und Hülsen separiert, getrocknet und auf N (C/N-Analysator) und ¹⁵N (Emissionsspektrometer) untersucht. Die Menge des symbiontisch gebundenen N wurde aus dem Gesamtpflanzen-N durch Subtraktion der Summe aus düngerbürtigem, samenbürtigem, bodenbürtigem bzw. Depositions-N errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Untersuchungen zeigten, dass bei Blauen Lupinen auch nach der Blüte noch eine beträchtliche Luftstickstoffbindung stattfand. *Rhizobienimpfung* erhöhte die Luftstickstofffixierung auch in Gegenwart von Mineralstickstoff. Daneben gab es - wohl als Folge von Rhizobieninfektionen aus dem Boden - auch eine zwar geringe, aber deutlich erkennbare Luftstickstofffixierung bei den nicht geimpften Kontrollpflanzen. Eine Rhizobienimpfung ist zur Ausschöpfung des Ertragsvermögens der Blaulupinen unerlässlich.

Die Kaliumdüngung förderte die symbiontische Stickstofffixierung auch bei den mit Stickstoff gedüngten Pflanzen. Daher sollte stets eine ausreichende *Kaliumversorgung* sichergestellt werden.

Mineralstickstoffgaben zur Saat erhöhten zwar die Trockenmassebildung der Blaulupinen, hemmten jedoch teilweise deren Luftstickstoffbindung. Die in den Pflanzen befindlichen Gesamtstickstoffmengen wurden dadurch bei den ungeimpften, nicht jedoch bei den geimpften Pflanzen gesteigert. Der aufgenommene Mineralstickstoff diente bei diesen nur als Ersatz der inhibierten Stickstofffixierung und wurde daher nicht ertragswirksam. Eine Mineralstickstoffgabe ist deshalb nicht anzuraten.

Mineralstickstoffdüngung zur Blüte führte nicht zur Trockenmasse-Ertragsanhebung. Sie senkte bei den geimpften Varianten die auch nach der Blüte weiter laufende Luftstickstoffbindung ab. Stattdessen nahmen die Lupinenpflanzen Mineralstickstoff auf. Dieser diente als Ersatz der eingeschränkten symbiontischen Stickstofffixierung. Zusätzlicher Mineralstickstoff wurde nicht absorbiert, so dass es nicht zu einer Ertragsanhebung kam. Eine Blüten-Stickstoffgabe ist daher nicht sinnvoll.

Die Blaue Lupine ähnelt bezüglich ihrer N – Dynamik eher der Gelblupine als der Weißlupine. Allerdings scheint die symbiontische N₂-Fixierung dieser Lupinenart – zumindest bei der hier geprüften Sorte Boruta - gegenüber dem Mineralstickstoff relativ robust zu sein.

In weiteren Untersuchungen sollte der Stickstofffixierungsanteil der bodenbürtigen Rhizobien („Fremdinfektionen“) genauer quantifiziert werden. Weiterhin wäre der Einfluss der Kaliumversorgung auf die Luftstickstoffbindung von nicht mit Mineral-N gedüngten Blaulupinen zu prüfen. Der Anteil des aus dem Boden bzw. aus der atmosphärischen Deposition stammenden Stickstoffs in den Pflanzen ist durch genaue Herkunftsbilanzierungen zu präzisieren. Schließlich sollten die Auswirkungen von Rhizobienimpfung, Stickstoffgaben und Kaliumversorgungsgrad auf die Samen- und Rohproteinerträge und die Samenproteinqualität näher aufgeklärt werden. Entsprechende Untersuchungen sind im Gange.

Literatur

- Merbach, W. 1983: Einfluß der Stickstoffdüngung auf die Ertragsbildung von Weiß- und Gelblupinen. Saat- u. Pflanzgut 24: 171-172
- Merbach, W., und G. Schilling 1980: Wirksamkeit der symbiontischen N₂ - Fixierung der Körnerleguminosen in Abhängigkeit von Rhizobienimpfung, Substrat, N – Düngung und ¹⁴C – Saccharoselieferung. Zentralblatt f. Bakteriologie, Parasitenkunde, Infektionskrankheiten u. Hygiene, Abt. II 135: 99-135
- Schulze, J; H. Beschow und W. Merbach: The effect of ¹⁵NH₄ ¹⁵NO₃ fertilization at flowering on growth and nitrogen fixation of white and blue lupins. Isotopes Environment. Health Studies 35: 85-95

Stickstoffmangel erhöht die Verweildauer von Kohlenstoff im respiratorischen Versorgungssystem von Deutsch Weidelgras

C. Lehmeier, F. Lattanzi, R. Schäufele & H. Schnyder

Einleitung

Nach einem kürzlich vorgestellten Konzept für das respiratorische Versorgungssystem von Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne*) wird die Respiration von Spross und Wurzel von hauptsächlich 3 Substratpools mit Kohlenstoff (C) versorgt (Abb. 1).

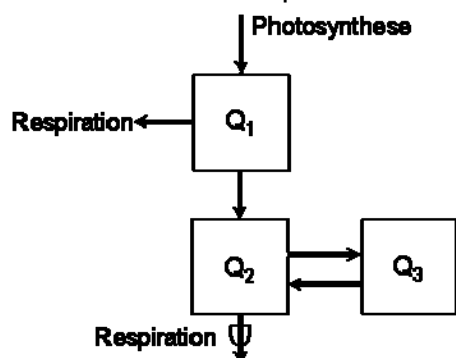


Abb.1: 3-Pool Kompartimentmodell des respiratorischen Versorgungssystems von Deutsch Weidelgras. Die Pools weisen deutliche Unterschiede bezüglich ihres Turnover (Umsetzungsrate), ihrer Größe und ihres Beitrags zur Respiration auf (Lehmeier et al., 2008).

Ziel der vorliegenden Arbeit war es, die Variabilität der Pooleigenschaften zu untersuchen. Dazu wurden Pflanzen von Deutsch Weidelgras in zwei deutlich unterschiedlichen Stickstoff-(N)-Versorgungsniveaus gezogen, jeweils über verschiedene lange Zeiträume mit $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ markiert, gefolgt von Messungen der Isotopensignatur des respirierten CO_2 . Die so erhaltenen Markierungskinetiken des respirierten CO_2 wurden mittels kompartmenteller Modellierung analysiert, um Informationen über Anzahl, Anordnung und Eigenschaften der beteiligten Substratpools zu erhalten.

Material und Methoden

Deutsch Weidelgras wurde einzeln in Röhren angezogen und auf vier Klimakammern verteilt, die Teil eines $^{13}\text{CO}_2/^{12}\text{CO}_2$ -Markierungssystems (Schnyder et al., 2003) waren und in denen konstante Umweltbedingungen herrschten (Temperatur 20°C, rel. Feuchte 85%, Dauerlicht mit $275 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD, 360 ppm CO_2). Alle 3 Stunden wurde Nährlösung zugeführt, die bei je zwei Beständen 1.0 mM bzw. 7.5 mM NO_3^- enthielt. Innerhalb eines N-Niveaus unterschieden sich die Kammern nur hinsichtlich der C-Isotopie des CO_2 ($\delta^{13}\text{C}$ -1.7‰ bzw. -28.8‰). Nach Bestandesschluss wurden zufällig ausgewählte Pflanzen von einer Kammer in die andere *desselben* N-Niveaus transferiert und dort für Zeiträume belassen, die von 1 h bis zu 1 Monat reichten. Danach wurden die Pflanzen in eine Respiationsanlage überführt (Löttscher et al. 2004), wo sowohl die Rate als auch die isotopische Zusammensetzung des von Spross und Wurzel respirierten CO_2 während 6 Stunden aufgezeichnet wurde. Solche Messungen wurden auch an nicht-markierten Pflanzen durchgeführt. Danach wurden die Pflanzen geerntet und getrocknet, und Aliquote der Proben auf ihren C-Gehalt untersucht. Die Anteile des C im spross- und wurzelrespirierten CO_2 , die vor der Markierung assimiliert wurden (f_{alt}), wurden nach Lehmeier et al. (2008) errechnet. Mittels Respiationsraten von Spross und Wurzel wurde ein flussgewichtetes Mittel für f_{alt} gebildet; die Markierungskinetiken beider Verfahren wurden auf Ebene der Ganzpflanze der kompartmentellen Analyse unterzogen.

Ergebnisse und Diskussion

Da die Markierungskinetiken der Pflanzen beider Verfahren im Prinzip ähnlich waren (Abb. 2), lieferte die kompartimentelle Analyse dasselbe 3-Pool-Modell (Abb. 1), was somit einen Vergleich der Pooleigenschaften erlaubte.

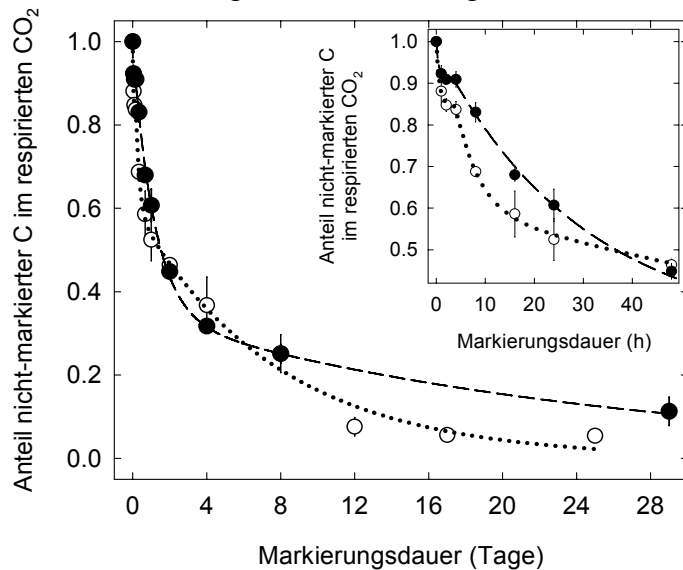


Abb 2: Markierungskinetiken des respirierten CO₂ von Weidelgraspflanzen, die in niedriger (●) bzw. hoher (○) N-Versorgung gewachsen sind; n=3-6 (±SE). Die Modellsimulationen sind als gestrichelte (niedrig N) und gepunktete (hoch N) Linien dargestellt.

Tab. 1: Pooleigenschaften des respiratorischen Versorgungssystems (Abb. 1).

Pool	niedrig N	hoch N
	Halbwertszeit (h)	
Q ₁	0.4	0.4
Q ₂	20	3.4
Q ₃	263	40
	Beitrag (%)	
Q ₁	9	15
Q ₂	60	28
Q ₃	31	57
	Größe (mg C g C ⁻¹)	
Q ₁	1	1
Q ₂	40	19
Q ₃	178	146

Während mit N-Limitierung nur der Beitrag des kleinsten und am schnellsten umgewälzten Pools des Systems (Q₁) abnahm (Tab. 1), stiegen sowohl Größe als auch die Halbwertszeiten der beiden mengenmäßig bedeutendsten Pools Q₂ und Q₃ erheblich an. Dies war hauptsächlich auf einen langsameren Fluss von C durch das System aufgrund stark verminderter Wachstums- und Respirationsraten bei N-Limitierung zurückzuführen. Die Ergebnisse lassen den Schluss zu, dass bei N-Mangel langsam umgewälzte Speicher an Bedeutung als C-Quelle für die Respiration zunehmen, während sie bei guter N-Versorgung von quantitativ geringer Bedeutung sind. Dies führte dazu, dass die mittlere Verweildauer von C im respiratorischen Versorgungssystem von 1,6 Tagen auf fast 6 Tage bei N-Limitierung anstieg.

Literatur

- Lötscher, M.; K. Klumpp und H. Schnyder 2004: Growth and maintenance respiration for individual plants in hierarchically structured canopies of *Medicago sativa* and *Helianthus annuus*: the contribution of current and old assimilates. *New Phytologist* 164: 305-316.
- Schnyder H.; R. Schäufele, M. Lötscher und T. Gebbing 2003: Disentangling CO₂-fluxes: direct measurements of mesocosm-scale natural abundance ¹³CO₂/¹²CO₂ gas exchange, ¹³C discrimination, and labelling of CO₂ exchange flux components in controlled environments. *Plant, Cell and Environment* 26: 1863-1874.
- Lehmeier CA.; FA. Lattanzi, R. Schäufele, M. Wild und H. Schnyder 2008: Shoot and root respiration of perennial ryegrass are supplied by the same substrate pools: assessment with dynamic ¹³C labeling and compartmental analysis of tracer kinetics. *Plant Physiology*: doi:10.1104/pp.108.127324.

Höhere Erträge mit höherem Stärkegehalt in dem sehr trockenen Jahr 2007 bei Weizen- und Gerstensorten mit größerer Wurzelsystemgröße

T. Streda, V. Dostal, P. Hrstkova, V. Horakova* & O. Chloupek

Die Wurzelsystemgröße (WSG) von je 20 Winterweizen- und Sommergerstensorten wurde in dem sehr trockenen Jahr 2007 an zwei tschechischen Standorten bei Weizen und an einem bei Gerste bewertet (an dem zweitem wurde es durch Trockenheit beschädigt). Die WSG wurde mit Hilfe von elektrischer Kapazität gemessen. Die Sortenwerte von den drei Messungen wurden mit den offiziellen Ergebnissen des Sortenamtes an 20 Stationen für Weizen und 17 für Gerste verglichen. Eine größere WSG korrelierte mit höherem Ertrag (bei Weizen $r = 0,52^*$, bei Gerste $r = 0,82^{**}$), als von der Tabelle, wo die Sorten nach dem WSG angeordnet sind, ersichtlich ist.

Tab. 1: Durchschnittliche WSG von drei Terminen und entsprechendes Ertrag in 2007 an 17 Stationen bei 20 Gerstensorten.

Durchschnittliche WSG (nF)	Sortenanzahl	Durchschnittlicher Ertrag
1,31-1,57	7	4,87
1,58-1,71	6	5,19
1,79-2,17	7	5,14

Tab. 2: Durchschnittliche WSG von drei Terminen und entsprechendes Ertrag in 2007 an 20 Stationen bei 20 Weizensorten.

Durchschnittliche WSG (nF)	Sortenanzahl	Durchschnittlicher				
		Korn-ertrag (t.ha ⁻¹)	N-Stoffe Gehalt (%)	Stärkegehalt (%)	N-Stoffe Ertrag (t.ha ⁻¹)	Stärkeertrag (t.ha ⁻¹)
1,54	7	8,11	13,6	69,4	1,10	5,63
1,71	6	8,37	13,4	69,7	1,12	5,80
1,86	7	8,53	13,2	69,9	1,13	5,96

Die Unterschiede zwischen den Gruppen sind nicht groß, weil sie genetisch sehr heterogen sind. Trotzdem hatten die Gerstensorten mit größerer WSG einen höheren Stärkegehalt ($r = 0,64^{**}$) und einen höheren Stärke- und Proteinertrag ($r = 0,83^{**}$, und $r = 0,51^*$). Auch Weizensorten mit größerer WSG brachten einen höheren Stärkeertrag ($r = 0,50^*$). Sorten von beiden Arten mit kleinerer WSG enthielten deshalb weniger Photosynthate im Korn und nicht signifikant mehr Stickstoffstoff im Vergleich mit Sorten mit größerer WSG. So reagieren Pflanzen auf Trockenheit (siehe Zitate unten). Korn allen Sorten von trockeneren Stationen enthielt analog weniger Photosynthate und mehr Stickstoffstoff. Das entspricht dem Korn von Sorten mit kleinerer WSG.

Nachtrag: Die elektrische Kapazität von der Grenzfläche WSG/Boden wurde größer, wenn auch WSG größer wurde. Die Beziehung ist leicht bei Möhre zu bewerten. Das ist leicht zu prüfen, wie folgt. Bei 50-93 Pflanzen in drei Terminen wurde $r = 0,51$ bis $0,62$ mit frischem Gewicht und $0,51$ bis $0,61$ (alles $P < 0,001$) mit Volumen der Hauptwurzeln, obwohl Wurzeloberfläche besteht hauptsächlich von kleinen Wurzeln, die nicht bewertet wurden (noch nicht publiziert).

Die Forschung wurde von Projekt MSM6215648905 unterstützt.

Literatur

- Paynter BH, Young KJ (2004) Grain and malting quality in two-row spring barley are influenced by grain filling moisture. Aust. J. Agric. Res. 55, 539-550
- Savin R, Nicolas ME (1999) Effects of timing of heat stress and drought on growth and quality of barley grains. Aust. J. Agric. Res. 50, 357-364
- Wallwork MAB, Logue SJ, MacLeod LC, Jenner CF (1998) Effects of a period of high temperature during grain filling on the grain growth characteristics and malting quality of three Australian malting barleys. Aust. J. Agric. Res. 49, 1287-1296.

Effect of herbicides on photosynthetic yield and leaf yield in artichoke (*Cynara cardunculus* L.)

A. Sajid & B. Honermeier

Introduction

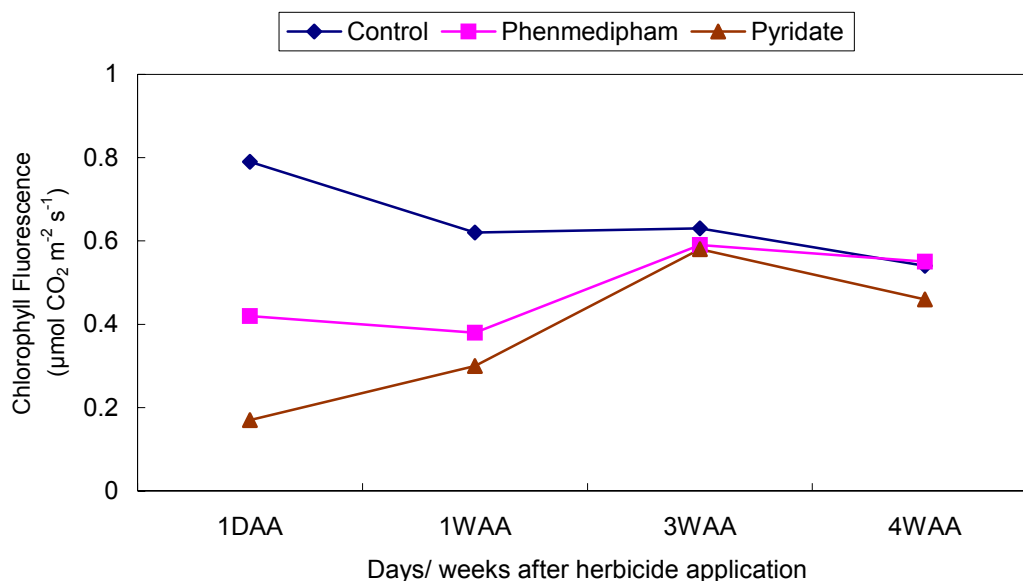
Artichoke is a good vegetable known for its pleasant bitter taste as well as an interesting and widespread herbal drug (Anonymous, 2007). Artichoke leaf extract is used for therapy of chronic albuminuria, hyperlipidimia, irritable bowel syndrome, jaundice, liver dysfunction and snakebites. It is thought to act as a choleric, stimulating bile flow from the liver to the gallbladder. This action is attributed to chlorogenic acid, cynarin, and scolymoside. Due to its rosette nature artichoke needs wide inter/intra row spaces that provide weeds a good chance to grow rapidly and compete with the crop. For that reason herbicide application is necessary in artichoke cultivation. Herbicides recommended and used can affect fluorescence ability of leaves by altering the chlorophyll content of the leaves or producing a layer on the leaves that may lead to low photosynthetic yield (Yoshiyuki, 2006). Low photosynthetic yield will affect crop growth that will result in low leaf yield. Keeping the medicinal importance of the plant and possible interaction with herbicides in view, the study was designed to investigate the effect of herbicides on photosynthetic and leaf yield in artichoke.

Materials and Methods

The field study was conducted at experimental research station Giessen for two years i.e. 2006 & 2007. Quadruplicated experiment was designed as Randomised Complete Block Design. Five different post emergence herbicides namely Haloxyfop-R-methyl (1.0 l ha^{-1}), Phenmedipham (1.5 l ha^{-1}), Pyridate (1.0 l ha^{-1}), Quizalofop-P-ethyl (2.0 l ha^{-1}) & Prosulfocarb (5.0 l ha^{-1}) were applied against a manually weeded control. Gobbo di Nizza cultivar was planted in $3.0 \times 7.0 \text{ m}^2$ plots maintaining 75 cm row to row & 25 cm plant to plant distance. Chlorophyllfluorescence data were recorded 1 day, 1 week, 2 weeks, 3 weeks and 4 weeks after herbicide application in direct sunlight and under shade using Mini-PAM (Pulse Amplitude Modulation). For the measurements under shade the crop was covered with black sheets for 4 minutes and data were recorded under these sheets. F- test & LSD at 5 % probability were used to check the significance of the treatments.

Results and Discussion

Chlorophyllfluorescence data recorded during 1st cut presented graphically in graph 1 depicts that application of Pyridate decreased photosynthetic yield sharply when compared with that of control. Phenmedipham also decreased photosynthetic yield but to a lesser extent in comparison with Pyridate. All other herbicides used during course of study did not affect the chlorophyll fluorescence as it was found to be similar as that of control. Same trend was observed for both light and dark-adapted measurements made during July and August 2006. The difference in the effect of herbicides is probably due to the mode of action of different herbicides. Both Pyridate and Phenmedipham inhibit the photosynthesis at photosystem II and it might be the reason these herbicides affected artichoke severely after their application.



Graph 1: Chlorophyllfluorescence ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$) yield in response to herbicide application during 1st cut 2006 under direct sunlight.

The data recorded during 2nd cut 2006 and 1st cut 2007 showed the same trend with the exception that the effect of chemicals was not too sharp when compared with control. Pyridate affected photosynthetic yield adversely during these times too followed by Phenmedipham whereas other herbicides used in the study had no adverse effect on photosynthetic yield during light and dark-adapted measurements. The difference in the effect of herbicides for different growing seasons might refer to the prevailing environmental conditions. It was observed that high temperature and precipitation doubled the adverse effect of Pyridate and Phenmedipham as is visible in case of 1st cut 2006 measurements where average monthly temperature was around 20.0 °C for the time when data were recorded. This temperature is almost three times higher than that for the months of October and November where average day temperature was around 4. °C. Same is true for the precipitation that during July 2006 amounted to be 123.6 mm and in August 2006 it was 78.0 mm, which is too high when compared with that of 7.6 and 58.7 mm of October and November 2007 respectively.

It can be concluded that herbicides can induce abiotic stress for the artichoke plants, which can be detected by chlorophyllfluorescence measurements. The weather conditions after herbicide application can modify this effect.

Literature

- Anonymous. 2007. Clinical uses of artichoke leaf extract. Am J Health-Syst Pharm- Vol 64 Sep 15, 2007.
- Yoshiyuki M. 2006. Is the parameter electron transport rate useful as a predictor of photosynthetic carbon assimilation rate? Bull. Inst. Tro. Agr., Kyushu Uni. 29: 39-53.

Variabilität der Komponenten des ätherischen Öls von *Pimpinella anisum* L. in Abhängigkeit von der Herkunft

F. Yan, A. Azizi, B. Tadesse & B. Honermeier

Einleitung

Anis (*Pimpinella anisum* L.) besitzt auf Grund des relativ hohen Gehaltes an ätherischem Öl und dessen spezifischer Zusammensetzung an Monoterpenen eine gewisse Bedeutung für die Herstellung von Phytopharmaka und alkoholischen Getränken. In Deutschland ist die Pflanze für eine Kultivierung relativ gut geeignet. Zwischen verschiedenen Akzessionen aus unterschiedlichen Herkünften werden jedoch Unterschiede hinsichtlich des Drogenertrags und der Drogenqualität vermutet. Ziel der Arbeit war es deshalb, insgesamt 15 ausgewählte Akzessionen unter den Bedingungen eines Feldversuches in Südhessen hinsichtlich des Ertrags und des Gehaltes sowie der Zusammensetzung an ätherischem Öl zu untersuchen.

Material und Methoden

Durchgeführt wurde im Jahr 2007 am Standort Groß-Gerau ein einfaktorieller Feldversuch (10 m² pro Parzelle, 4 Wiederholungen) mit 15 Akzessionen von Anis aus Deutschland, aus Südeuropa und aus dem Nahen Osten. Die Aussaat erfolgte Mitte April mit einer Aussaatmenge von 1 g/m². Die Anisbestände wurden mit 40 kg/ha N unmittelbar zur Aussaat gedüngt. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit dem Herbizid Bandur (Aclonifen) im Voraufbau mit 3 L/ha. Der Feldversuch musste mit insgesamt 100 mm (in 4 Gaben je 20 mm) beregnet werden. Die Ernte der Anisbestände erfolgte Ende August mit einem Parzellenmähdrescher. Die Analyse des ätherischen Öls erfolgte mit Wasserdampf-Destillation. Die Zusammensetzung des ätherischen Öls wurde mit einem GC-MS-System bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Der Ertrag der getesteten 15 Akzessionen lag zwischen 0,8 bis 4,7 dt/ha und zeigte somit eine große Variabilität (Tab. 1). Auch der Gehalt an ätherischem Öl variierte sehr stark zwischen 1,6 bis 3,0 % (Tab. 1). Laut DAB muss der Gehalt an ätherischem Öl der Anisdroge einen Wert von minimal 2,0 % erreichen.

Tab. 1. Ertrag und Gehalt an ätherischem Öl der Anisfrüchte verschiedener Herkünfte

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Ertrag (dt/ha)	1,4	4,6	1,0	3,2	3,9	3,3	0,9	0,8	2,8	2,6	3,6	3,0	2,7	3,6	4,7
Äther. Öl (%)	2,1	3,0	2,1	2,3	2,6	2,3	1,6	2,4	2,7	2,6	2,8	2,5	2,5	2,7	2,9

Die einzelnen Komponenten des ätherischen Öls wurde mittels GC-MS identifiziert. Alle untersuchten 15 Akzessionen besitzen *trans*-Anethol als die dominierende Komponente. Der Anteil an *trans*-Anethol lag zwischen 83% bis 91%. Die Herkunft 7 mit 91% *trans*-Anethol besitzt die höchste Ölqualität, während die Herkunft 1 mit 83% *trans*-Anethol die Anforderung (>84%) an eine Arzneidroge nicht erfüllen kann. Insgesamt ist die Variabilität in der Hauptkomponente *trans*-Anethol jedoch relativ gering. Mengemäßig nimmt γ -Himachalen mit 3,6% bis 8,9% die zweite Stelle in der Zusammensetzung des ätherischen Öls. Die Variabilität des Anteils an γ -Himachalen ist innerhalb der geprüften Akzessionen ebenfalls recht gering. Eine für die Qualität des Anisöls wichtige Komponente ist der Anteil des Estragols. Ein hoher Anteil von

Estragol im ätherischen Öl ist gesundheitlich bedenklich und unerwünscht. Für alle untersuchten Akzessionen lag der Anteil des Estragols unter 1,6% und somit auch deutlich unter dem Grenzwert von 6,0%.

Tab. 1. Die Zusammensetzung (%) des ätherischen Öls von Anis

Verbindung	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Linalool	0	0	0,6	0,8	0	0,6	0,7	0,6	0	0	0	0	0	0	0
Estragol	0,9	0,5	1,3	1,2	0,6	1,1	1,6	1,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
(Z)-Anethol	0,4	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
(E)-Anethol	82,9	85,5	90,3	84,3	85,8	84,2	90,9	87,8	85,8	86,7	85,8	85,4	85,4	86	86,2
δ-Elemene	0,4	0,5	0,3	0,4	0,5	0,4	0,2	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,4	0,5
α-Longipinene	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0,1	0
Cyclosativene	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
β-Elemene	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2
α-Himachalene	0,9	0,9	0,5	0,8	0,9	0,9	0,4	0,7	0,7	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
γ-Himachalene	8,9	8,2	4,4	7,9	8,1	8	3,6	6,1	7,9	7,3	7,9	8	8	7,6	7,6
α-amorphane	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2
(E)-Methylisoeugenol	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2
α-Zingiberene	1,9	1,3	0,7	1,4	1,3	1,5	0,7	0,7	1,2	1,1	1,2	1,2	1,2	1,1	1,1
β-Himachalene	0,6	0,5	0,2	0,5	0,5	0,5	0,2	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
α-Muurolene	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,1
β-Bisabolene	1,4	0,9	0,6	0,9	0,9	1	0,6	0,6	0,9	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,8
β-Sesquiphellandrene	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1
Spathulenol	0,3	0,2	0,1	0,3	0,2	0,3	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
α-cadinol	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0
Unbekannt	0,4	0,2	0,3	0,2	0,1	0,3	0,4	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3
Total	100	99,8	100	99,9	100	99,9	100	100	99,9	99,9	99,9	99,9	99,9	99,8	99,9

Schlussfolgerung

Unter den getesteten 15 Anis-Akzessionen besteht eine relativ große Variabilität hinsichtlich des Fruchtertrages sowie des Gehalts an ätherischem Öl. Die verwendeten Akzessionen verfügen somit unter den gegebenen Standortbedingungen über ein unterschiedliches Vermögen zur Ausbildung von Früchten und zur Synthese von ätherischem Öl. Dagegen ist die Variabilität in der Zusammensetzung des ätherischen Öls relativ gering. Die geprüften Akzessionen sind auf Grund der festgestellten Zusammensetzung des ätherischen Öls für eine pharmazeutische Nutzung gut geeignet.

Strip-Till bei Zuckerrüben – Neue Möglichkeiten mit automatischen Lenksystemen

W. Hermann & W. Claupein*

Einleitung

Beim Anbau von Zuckerrüben ergeben sich vor dem Hintergrund veränderter politischer und klimatischer Vorzeichen Zielkonflikte: Einerseits muß der Zuckerertrag je Hektar gesteigert, andererseits müssen Kosten eingespart werden. Nach tiefer Lockerung, schneller Abtrocknung im Frühjahr nach Pflugfurche und früherer Saat können höchste bereinigte Zuckererträge erzielt werden, hingegen sprechen der optimale Erosionsschutz bei Mulch- oder Direktsaat sowie die bessere Befahrbarkeit bei der Ernte für eine reduzierte Intensität bei der Bodenbearbeitung. Gleichzeitig werden Energie und Kosten bei der Bodenbearbeitung eingespart. Seit der zunehmenden Verbreitung automatischer Lenksysteme stellt die Streifenlockerung (Strip-Till) einen sehr interessanten Ansatz dar:

Bei diesem Verfahren wird lediglich der Streifen, in den später die Reihenkulturen gesät werden, gezielt gelockert, bearbeitet sowie ein Damm vorgezogen, der weitgehend frei von Ernterückständen ist. Der Bereich zwischen den Reihen bleibt unbearbeitet, gegebenenfalls, kann nach der Ernte der Getreidevorfrucht eine Stoppelbearbeitung durchgeführt werden.

Material und Methoden

In der Vegetationsperiode 2007 wurde auf der Versuchsstation Ihinger Hof der Universität Hohenheim (48° 44' N; 8° 56', 500 m ü. N.N, 8,2°C, 693 mm, uT, pH 6,7) ein erster Versuch auf einem Praxisschlag durchgeführt. Der Zuckerrübenenertrag wurde mittels Proberodung festgestellt und mit dem betriebsüblichen Mulchsaatverfahren auf dem vergleichbaren Nachbarschlag verglichen.

Tab. 1: Praxisversuch Vegetationsperiode 2007

Datum	Maßnahme
24.07.06	Drusch Vorfrucht Triticale 94,8 dt ha ⁻¹ , Strohdüngung
25.09.06	Glyphosat 3,0 l ha ⁻¹ + 6 kg ha ⁻¹ SSA
18.10.06	Streifenlockerung mit RTK-GPS, Tiefe 22-25 cm
09.03.07	Glyphosat 3,0 l ha ⁻¹
05.04.07	N-Düngung 100 kg N ha ⁻¹
10.04.07	Einzelkornsaat in die vorgelockerten Streifen mit RTK-GPS 10 keimfähige Körner m ⁻² , Sorte Lessing
03.05.07	Molluskizideinsatz
12.05.07 bis 12.06.07	Unkrautkontrolle: 3 NAK-Behandlungen Schwerpunkt blattaktive Wirkstoffe
25.09.07	Ernte Vollernter 6 reihig, Selbstfahrer

Zur Streifenlockerung im Herbst sowie zur Aussaat im Frühjahr wurde ein Traktor mit einem RTK-GPS-gesteuerten Lenksystem (**Real Time Kinematik**, Genauigkeit

±2,5 cm) eingesetzt. Als Anbaugerät zur Streifenlockerung diente ein Reihenlockerer (Horsch Focus 6-reihig) mit einem Reihenabstand von 50 cm (Abb. 1).

Ergebnisse und Diskussion

Trotz fehlender Frostgare gelang die Etablierung des Zuckerrübenbestandes im Strip-Till-Verfahren (Abb. 2). Abschattungsbedingt beeinträchtigten Hecken und Bäume die RTK-GPS-Genauigkeit. Die im Herbst gelockerten Streifen trockneten im Frühjahr im Vergleich zum Senfmulch schneller ab. Der fehlende Strohmulch auf den vorgelockerten Streifen bedingte im Vergleich zu den ungelockerten Zwischenreihen tagsüber bis zu 2°C höhere Temperaturen in 3 cm Bodentiefe.



Abb. 2: Bodenzustand nach Lockerung bzw. Saat, Zuckerrübenbestand 11.06.07

Im Vergleich zur betriebsüblichen Mulchsaat in abgestorbenen Senfmulch auf dem vergleichbaren Nachbarschlag (gleiche Sorte, variantenoptimaler Saattermin), wurde eine um 12% geringere Bestandesdichte beobachtet (Tab. 1). Der Rübenenertrag sowie der Bereinigte Zuckerertrag waren 15% bzw. 11% höher. Die geringere Bestandesdichte sowie der doppelt so hohe Anteil beiniger Rüben hatten beim Strip-Till-Verfahren eine geringere Rübenqualität zur Folge.

Tab. 1: Zuckerrübenenertrag und Bereinigter Zuckerertrag sowie Ertrags- und Qualitätsparameter in Abhängigkeit von der Bodenbearbeitung

Verfahren	Pfl. m ⁻²	Reine Rüben dt ha ⁻¹	beinige Rüben %	SMV* %	BZG** %	BZE*** dt ha ⁻¹
Mulchsaat	8,3	618	11	1,64	19,4	120
Strip-Till	7,3	711	21	1,67	18,6	133

* Standardmelasseverlust ** Bereinigter Zuckergehalt ***Bereinigter Zuckerertrag

Die einjährigen Ergebnisse zeigen, daß das Strip-Till-Verfahren technisch realisierbar ist, und daß mindestens gleichwertige Bereinigte Zuckererträge wie beim Mulchsaatverfahren erzielt werden können. Weitere technische Verbesserungen zur Erhöhung des Feldaufgangs und damit der Rübenqualität sind notwendig. Ebenso sind Exaktversuche erforderlich, um diese vorläufigen Ergebnisse zu überprüfen.

Literatur

Hermann, W., 2008: Strip-Till – Neue Wege im Zuckerrübenanbau mit GPS und Lenksystemen. DLG-Mitteilungen 7/08, 44-46.
www.strip-till.

Optimierung der Stickstoff-Düngung von Winterraps (*Brassica napus*) mittels berührungsloser Sensorik

B. Limbrunner & F.-X. Maidl

Einleitung

Aufgrund seiner hohen Biomasseproduktion benötigt Winterraps sehr hohe Mengen an Stickstoff, welche aber zu einem großen Teil mit den Ernterückständen auf dem Feld verbleiben und somit eine potentielle Verlustquelle darstellen. Um diese Verluste zu minimieren, wurden in den Jahren 2005 bis 2007 Versuche mit dem Ziel der Erhöhung der N-Effizienz durchgeführt. Eine deutliche Verbesserung der N-Ausnutzung lies sich durch Einhaltung stadienspezifischer optimaler N-Versorgungszustände erreichen. Um die aktuelle Nähstoffversorgung online zu detektieren und während der Vegetation mit einer teilflächenspezifischen Düngung reagieren zu können, wurden in den Versuchen Messungen mit verschiedenen Sensorsystemen auf Basis von Reflexion und von Chlorophyll-Fluoreszenz zu Ernährungszustands von Winterraps durchgeführt.

Material und Methoden

In den Jahren 2005 bis 2007 wurden auf der Versuchsstation Roggenstein des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Stickstoff-Optimierungsversuche bei Winterraps (*Brassica napus*) angelegt. Die Versuche wurden in den Jahren 2005 und 2006 mit zwei Sorten, einer Liniensorte (Oase) und einer Hybridsorte (Trabant) und 12 Düngungsvarianten durchgeführt, welche sich in der Stickstoff-Gesamtmenge und in der Terminierung der Stickstoff-Gaben unterscheiden. In 2007 wurde nur noch die Sorte Trabant angebaut. Die Anzahl der Düngevarianten wurde aber auf 24 erhöht. Jede Variante wurde jeweils 4-fach wiederholt. Die Parzellen waren als Doppelparzellen angelegt, wobei eine Parzelle den Sensormessungen und der Mähdruschernte und die andere Parzelle als Beprobungsparzelle diente. In der Beprobungsparzelle wurden zu vier Terminen (Herbst, EC 30, EC 32 und EC 60) während der Vegetation Biomasseproben entnommen und im Labor analysiert.

Für die Sensormessungen zur zerstörungsfreien Detektion des Ernährungszustands wurde zum einen ein zweikanaliges Handspektrometer der Fa. tec 5 AG (Oberursel, Deutschland), zum anderen der Lasersensor MiniVeg N der Fa. Fritzmeier (Großhelfendorf, Deutschland) verwendet. Aus den aufgenommenen Reflexionsspektren wurde der Vegetationsindex REIP errechnet (Guyet und Baret, 1988). Beim Lasersensor MiniVeg N regt ein Laserstrahl das Chlorophyll der Pflanzen an, wobei Fluoreszenzlicht abgestrahlt wird. Dieses Fluoreszenzlicht wird bei den Wellenlängen 690 nm und 730 nm detektiert. Aus dem Verhältnis dieser Wellenlängen wird der Vegetationsindex Ratio errechnet, welcher eng mit dem Chlorophyllgehalt korreliert (Günther et al. 1994). Dieser steht wiederum in enger Beziehung mit dem Stickstoff-Versorgungszustand der Pflanze.

Ergebnisse und Diskussion

Die Messungen zeigen, dass die Sensoren zur Detektion des Stickstoff-Versorgungszustands von Winterraps geeignet sind. Mit dem Vegetationsindex REIP des Spektrometers können zu den meisten Terminen sehr gute Beziehungen zur N-Aufnahme erzielt werden (Tab. 1). Ein typischer Kurvenverlauf einer Regression zwischen REIP und N-Aufnahme ist am Beispiel der Herbstmessung in Abb. 1 aufgeführt. Der Lasersensor hingegen kann die N-Aufnahme des Pflanzenbestandes nur bei der Herbstmessung mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,65 abbilden. Bei den Messterminen im Frühjahr kann dieser die N-Aufnahme dagegen nicht mehr abbilden. Zu Beginn des Streckungswachstums (EC 30) liefern beide Sensor-systeme nur sehr niedrige Beziehungen. Grund dafür ist, dass bei Winterraps der Großteil der Blätter über den Winter abfriert und zu EC 30 erst ein geringer Teil der Blattmasse wieder aufgebaut ist. Ab EC 32 kann die N-Aufnahme durch den REIP aber wieder gut abgebildet werden. Zu EC 32 konnte mit dem Lasersensor aber eine Beziehung zum N-Gehalt ermittelt werden (Abb. 2). Somit kann auch hier durch Detektion des N-Gehalts mit einer teilflächenspezifischen Düngung auf unterschiedliche N-Versorgungszustände der Bestände reagiert werden.

Tab. 1: Bestimmtheitsmaße der exponentiellen Regressionen der Messwerte REIP bzw. Ratio zur N-Aufnahme und zum N-Gehalt zu den verschiedenen Messterminen

	REIP		Ratio	
	N-Aufnahme	N-Gehalt	N-Aufnahme	N-Gehalt
Herbst	0,81	0,66	0,65	0,54
EC 30	0,19	0,20	0,09	0,00
EC 32	0,73	0,01	0,01	0,61
EC 60	0,65	0,21	0,22	0,33
Alle Termine	0,80	0,07	0,02	0,33

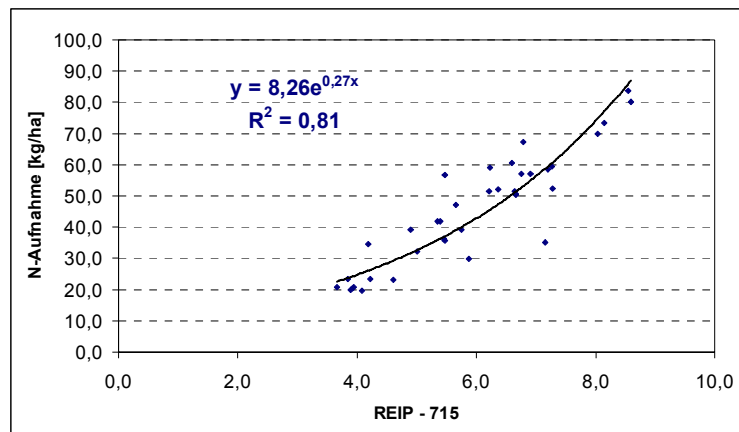


Abb. 1: Exponentielle Regression REIP zu N-Aufnahme bei Winterraps im Herbst.

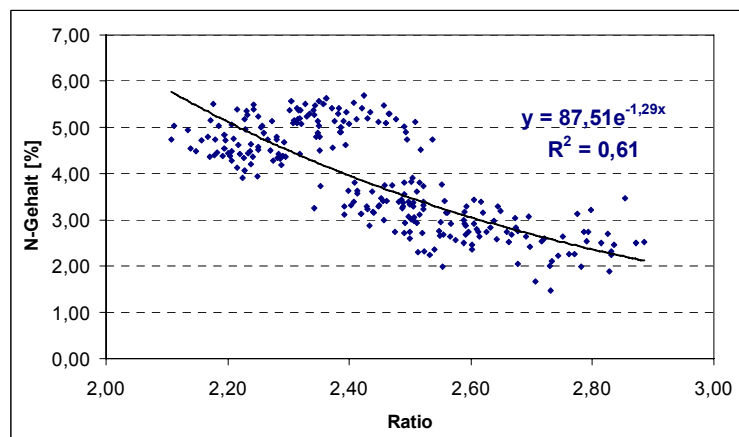


Abb. 2: Exponentielle Regression Ratio zu N-Gehalt bei Winterraps in EC 32.

Literatur

- Guyot, G. und F. Baret (1988): Utilisation de la haute resolution spectrale pour suivre l'état des couverts vegetaux. In: Proceedings of the 4th International Colloquium on Spectral Signatures in Remote Sensing. ESA SP-287, Aussois, France, April 1988: 279-286.
- Günther K. P., Dahn H.-G., Lüdecker W. (1994): Remote Sensing Vegetation Status by Laser-induced Fluorescence. Remote Sensing of Environments 47: 10-17

Ermittlung des Einflusses der Feldheterogenität auf die Ertragsstruktur von Mais mit Hilfe von Sensordaten und GIS

S. Graeff, S. Trumpp, J. Link & W. Claupein

Einleitung

Die Berücksichtigung der schlaginternen Variabilität von ertragsbeeinflussenden Faktoren ermöglicht eine abgestufte, standortangepasste Bewirtschaftung landwirtschaftlich genutzter Schläge. Zur Erfassung der standörtlichen Variabilität ist die Anwendung von optischen Sensoren aussichtsreich und wird vielfach in der Praxis eingesetzt. Allerdings bilden die verwendeten Sensoren jeweils nur den momentanen Zustand der Pflanzen ab. Durch die Wechselwirkung sehr unterschiedlicher Prozesse im System Boden-Pflanze ist z.B. von einer schnellen Dynamik des verfügbaren Stickstoffs und zeitlich wenig stabilen räumlichen Verteilungsmustern auszugehen. Gleiches trifft auch für die Wasserversorgung oder die Entwicklung von Schaderregerpopulationen zu. Durch die Kopplung von prozessorientierten Pflanzenwachstumsmodellen mit Geographischen Informationssystemen (GIS) erscheint es jedoch möglich, räumlich variable, aber zeitstabile Standorteigenschaften (z. B. Textur, Humusgehalt, Relief) in eine zeitliche Dynamik zu transferieren und damit die durch die unterschiedliche saisonale Gewichtung einzelner Prozesse sich verändernden räumlichen Muster von Wachstumsfaktoren wie beispielsweise Wasser und Stickstoff in ihrer Auswirkung auf das Pflanzenwachstum abzubilden. Nach entsprechender Validierung lassen sich durch eine derartige räumlich verteilte Simulation standortspezifisch die Wirkung unterschiedlicher Managementstrategien im Vergleich von schlageinheitlicher (homogener) und teil-schlagspezifischer Bewirtschaftung auf den Ertrag und die Ertragsstruktur bestimmen.

Material und Methoden

Über die Jahre 2005-2008 wurde auf der Versuchsstation für Pflanzenbau und Pflanzenschutz „Hinger Hof“ (48°74'N; 8°93'E, 693 mm, 8.1 °C) der Universität Hohenheim ein Feldversuch zur Ermittlung des Einflusses der Bodenvariabilität, der Wasserversorgung und der N-Düngung auf die Ertragsstruktur von Mais durchgeführt.

Der Schlag wurde hierzu virtuell in 80 Grids der Größe 36 x 36 m unterteilt. Zur Anpassung der N-Düngung an die gegebene Feldheterogenität wurde das Modell APOLLO anhand 3-jähriger Ertragsdaten kalibriert (Batchelor et al., 2004). Im Kalibrierungsprozess wurden bis zu fünf ertragslimitierende Bodenparameter teilflächenspezifisch angepasst. Das kalibrierte Modell wurde dann zur Simulation einer praxisüblichen (homogenen) und einer teilflächenspezifisch optimierten N-Düngung eingesetzt. Für die homogene N-Düngung wurde eine Düngegabe von 160 kg N ha⁻¹ zugrunde gelegt. Für die Entwicklung der teilflächenspezifisch optimierten N-Düngung wurde unter Berücksichtigung unterschiedlicher Düngermengen (0-200 kg N ha⁻¹) und langjährigen Witterungsbedingungen die Applikation in jeden Grid optimiert. Im Verlauf jeder Vegetationsperiode wurden Boden- und Pflanzenparameter (Textur, N_{min}, Bodenwassergehalt, Biomasse, N-Versorgung, Ertragsparameter, Kornerntrag, etc.) in verschiedenen zeitlichen Staffelungen erhoben. Um die erhobenen Daten miteinander vergleichbar zu machen, wurden alle Daten geocodiert

und in einem Geoinformationssystem (GIS) hinterlegt. Die GIS-gestützte Datenmodellierung von Informationen aus verschiedenen Teilbereichen (z.B. Bodenschätzung, Ertragskarte) wurden über die verschiedenen Versuchsjahre als Entscheidungshilfen für die teilflächenspezifische Bewirtschaftung eingesetzt und die Modellkalibrierungen hierdurch optimiert.

Ergebnisse und Diskussion

Für die auf dem Untersuchungsschlag erhobenen Boden- und Pflanzendaten wurden Variogrammanalysen durchgeführt, um einen ersten Überblick hinsichtlich der räumlichen Variabilität zu erhalten (Abb. 1).

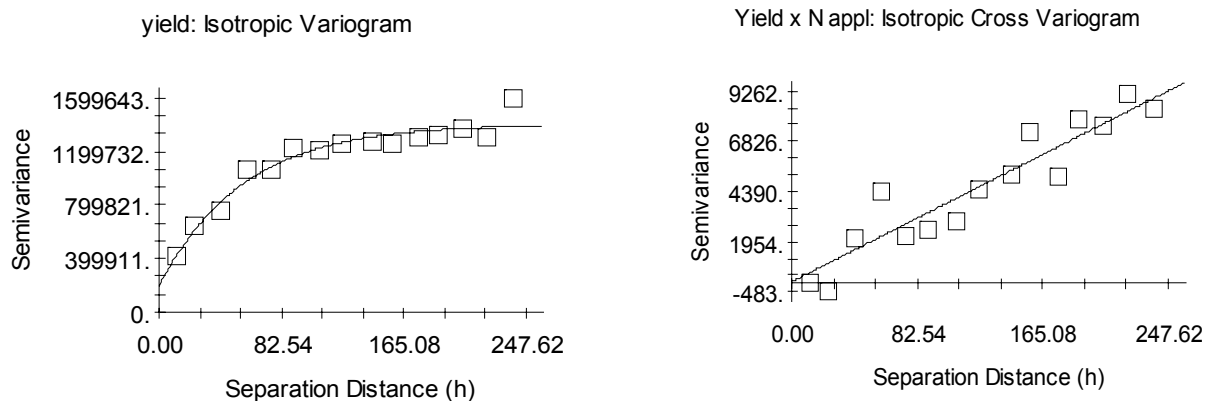


Abb. 1: Variogramm der räumlichen Ertragsvariabilität (a) sowie Cross-Variogramm aus Ertrag und applizierter N-Düngermenge (b).

Der Range aus den Variogrammanalysen zeigte, dass der Ertrag in einer engen räumlichen Beziehung zur N-Düngung stand ($r^2 = 0.88$) und in einer räumlichen Distanz von 57 m variierte. Aus den Ergebnissen der modellbasierten Düngereinsatzermittlung traten über die 3 Versuchsjahre in 45 Grids signifikante Ertragsvorteile mit einem im Mittel um 960 kg ha^{-1} höheren Kornertrag der teilflächenspezifischen Düngung gegenüber der homogenen Düngung auf. Ein ähnliches Bild zeigte sich auch bei der ermittelten N-Effizienz, die im Mittel um 10 kg Kornertrag pro kg applizierter N-Düngermenge in der teilflächenspezifischen Variante höher lag als in der homogen gedüngten Variante (Ergebnisse nicht dargestellt). Die umfassende Datenanalyse zeigte einen deutlichen Einfluss der räumlich variablen, aber zeitstabilen Standorteigenschaften Textur, nutzbare Feldkapazität und Durchwurzelungstiefe auf den Ertrag. Die Berücksichtigung dieser räumlichen Muster in der modellgestützten N-Düngebedarfsermittlung führte zu einer optimierten teilflächenspezifischen Düngestrategie.

Durch die Kopplung des prozessorientierten Pflanzenwachstumsmodells mit 3-jährigen GIS-Daten (Boden + Pflanze) war es daher möglich die modellbasierte, teilflächenspezifisch angepasste N-Düngung über drei Jahre systematisch zu verbessern.

Literatur

Batchelor WD, Paz JO, Thorp KR 2004. Development and evaluation of a decision support system for precision farming. In: Proceedings of the 7th International Conference on Precision Agriculture. July 25-28, 2004. Minneapolis, MN. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, WI, USA.

The challenge of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the detection of plant diseases in winter wheat

S. Graeff, J. Link & W. Claupein

Einleitung

Agriculture incurs significant costs annually in diseases control. Sensor technologies in precision farming lag behind in its use of suitable online-techniques to guide the design and application of strategies and tactics for site-specific disease control. The site-specific management of diseases has been difficult to achieve because suitable sensor tools have not been available and are sparsely available yet. Existing sensor technologies in the area of e.g. fertilizer management are now widely accepted by scientists and farmers as being valuable tools to help to design management strategies and extrapolate these technologies to areas beyond the original purpose. The aim of this project was to foster the development of a suitable, site-specific sensor technology for the detection of plant diseases. Therefore the use of an unmanned aerial vehicle (UAV) including different sets of passive sensors was evaluated. The UAV is essentially a low cost version of unmanned drones used for military applications. UAVs might help to provide crop imagery when other technologies cannot. The earliness of disease detection and the possibility of quantification were two major criteria as well as the handling and transferability of the tested techniques to practice.

Material und Methoden

A 2-yr field study was carried out at the research station Ihinger Hof (48° 44' N, 8° 56' E, 693 mm, 8.1 °C). of the University of Hohenheim from 2006-2008. The study used *Septoria tritici* as a model system for testing featured sensor technologies in winter wheat. A winter wheat field cv. Campari was treated with different amounts of fungicide (0 %, 50 %, 100 %) Jewel Top + KarateZeon in growth stage 37 in order to evoke different levels of plant disease infection. Disease infection was based on natural outbreak of diseases. Spectral reflection images of healthy and infected plants were taken with a digital camera (LEICA S1 PRO, LEICA Camera AG, Solms, Germany), a spectroradiometer Field Spec® Hand Held (ASD, Inc. Boulder, CO, USA), the Yara N-Sensor in the fieldscan-modus and a UAV equipped with a digital camera under field circumstances and ambient lighting conditions. With the digital camera leaf scans were taken in the wavelengths 380, 490, 510, 516, 540 and 600 nm as well as in the near infra-red 490, 510, 516, 540 and 600 IR. Leaf scans were taken at the youngest fully developed leaf and were evaluated in the L*a*b-colour system (CIE, 1986). With the Field Spec® Hand Held, the reflectance of the wheat canopy was measured in the spectrum 325-1075 nm in 1 nm intervals 2 m above the canopy level. Measurements with the Yara N-Sensor (Yara, Germany) were carried out in the wavelength ranges 450, 500, 510, 520, 550, 600, 620, 640, 660, 680, 700, 720, 730, 740, 750, 760, 780, 800, and 850. Images taken with the UAV were grabbed 150 m above the canopy in the visible spectra. Through comparison of the 100 % fungicide treatment images with the images taken from the lower fungicide treatments, it was aimed to detect disease presence.

Statistical analyses were performed with Sigma Stat 3.5 (Jandel Scientific Corp, San Rafael, CA). Differences between experimental groups were tested for by fully factorial analysis of variance (ANOVA). Tukey tests were carried out for comparison of means.

Ergebnisse und Diskussion

Results indicated significant differences in grain yield for the different fungicide treatments. Yield was 25 % lower in the 0% fungicide treatment when compared to the 100 % fungicide treatment, indicating a significant effect of *Septoria tritici* on final grain yield (Fig. 1).

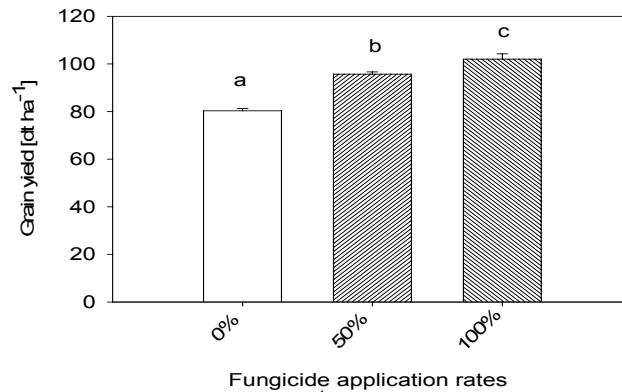


Fig. 1: Differences in grain yield [dt ha⁻¹] of the different fungicide application treatments.

Results of the various sensor measurement indicated significant reflectance changes detectable with the digital camera Leica S1 and the spectroradiometer Field Spec® at an infection level of 20 % diseased leaf area. Reflectance of diseased plots was significantly higher than reflectance of healthy plants (results not shown). No reflectance changes were observed within the chosen wavelength ranges of the Yara N-Sensor and the UAV (Fig. 2)

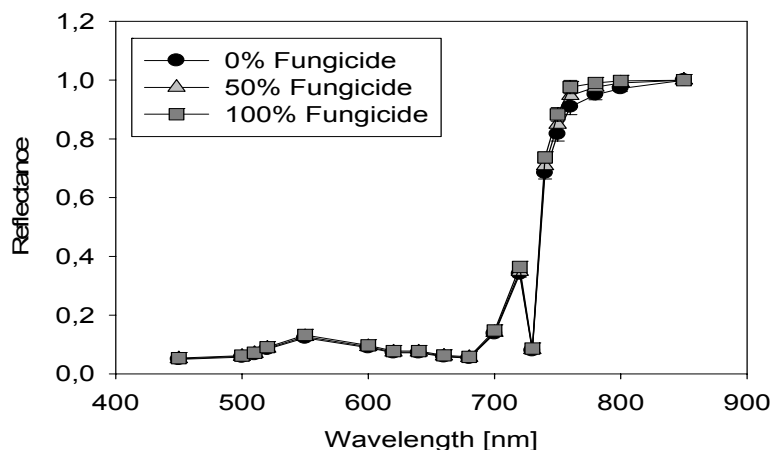


Fig. 2: Reflectance changes measured with the N-Sensor in the fieldscan modus.

Zusammenfassung

The results of these experiments clearly demonstrated that a high spatial resolution level which can be reached either by flying at low altitudes, or the use of adequate sensor optics and software tools will be necessary for the successful implementation of UAVs in the context of disease detection. Further research will include tests on fusing the measurements from different sensor approaches together.

Standortgerechte Wahl von Energiepflanzen für die Biogasproduktion – Modellgestützte Analyse von Trockenstresseinfluss auf Ertragspotenziale von Silomais –

B. Wienforth, S. Schittenhelm*, S. Wulkau, U. Böttcher,
A. Herrmann, K. Sieling, F. Taube & H. Kage

Einleitung

Silomais ist derzeit auf Grund hoher Trockenmasseerträge die wichtigste Energiepflanze zur Produktion von Biogas in Deutschland. Unter anderem wird aktuell die Frage nach der optimalen Wahl der Reifegruppe für den jeweiligen Standort diskutiert. Für spätreife Maissorten werden Ertragspotenziale von bis zu 30 t/ha Trockenmasse postuliert. Die sehr späte Abreife dieser Maissorten kann jedoch zu Problemen im TM-Gehalt führen. Weiterhin ist aufgrund ertragslimitierender Faktoren (z.B. Wasser) die Realisation eines solch hohen Ertrages auf vielen Standorten eher fraglich. Folgende Hypothesen wurden mittels eines mechanistischen Pflanzenwachstumsmodells (bestehend aus 4 Submodellen) geprüft: *H1*: Späte Maissorten haben einen höheren Wasserbedarf. *H2*: Im Gegensatz zu frühen Maissorten reagieren späte Genotypen mit einer stärkeren Wachstumsdepression auf Trockenstress. *H3*: Das Ertragspotenzial später Maissorten kann bis zu 30 t TM/ha betragen.

Material und Methoden

Die Berechnung des Bodenwasserhaushaltes erfolgte mit einem potenzialbasierten Schichtenmodell. Die Evapotranspiration wurde nach Penman-Monteith berechnet. Die Kalkulation der Trockenmasseproduktion basierte auf der Lichtnutzungseffizienz, während die Allokation dieser gebildeten Trockenmasse hauptsächlich über das allometrische Verhältnis zwischen Blatt und Stängel realisiert wurde. Der Blattflächenzuwachs wurde über die spezifische Blattfläche berechnet. Das zugrunde liegende Pflanzenentwicklungsmodell basierte auf den Ansätzen von CERES-MAIZE.

Zur Untersuchung der Hypothesen wurden zwei unterschiedliche Ansätze gewählt. Zum einen erfolgte eine modellgestützte Analyse von Feldversuchsdaten hinsichtlich der Wasserhaushaltskomponenten (z.B. Transpiration, Evaporation, TUE und WUE). Die Daten des Feldversuchs wurden in Braunschweig über 3 Jahre (2005-2007) für 3 Sorten unterschiedlicher Reifegruppen (mittelfrüh, *Flavi*; mittelspät, *PR36K67*; spät, *Mikado*) und unter 2 Bewässerungsstufen (unbewässert; nFK stets >50 %) erhoben.

Tab.1: Charakterisierung der für die Simulationsrechnung verwendeten Standorte.

Standort	Temperatur (Mai-Okt) [°C]	Sättigungsdefizit (Mai-Okt) [mbar]	Niederschlag (Mai-Okt) [mm]	pflanzenverf. Bodenwasser (0-80 cm) [mm]	Boden
Kiel	13.9	4.1	409	133	Sl4
Magdeburg	14.7	5.2	282	192	Ut3
Rendsburg	14.5	4.8	380	107	Ls3

Zum anderen wurden Simulationsrechnungen für 3 Standorte (Kiel, Magdeburg, Regensburg) über 35 Jahre durchgeführt. Für den Wasserhaushalt charakteristische Standortfaktoren sind in Tab. 1 aufgeführt.

CAU Kiel, Institut f. Pflanzenbau u. Pflanzenzüchtung;

* Julius Kühn-Institut, Institut f. Pflanzenbau u. Bodenkunde

Ergebnisse und Diskussion

Die modellgestützte Analyse der Versuchsergebnisse aus Braunschweig (Tab. 2) zeigt, dass *H1* bestätigt werden konnte, s. Transpiration. Die Evaporation lag mit ca. 150 mm auf einem recht hohen Niveau, unterschied sich aber weder zwischen bewässerter und unbewässerter Variante noch zwischen den Sorten. Die TM-Erträge lagen im Mittel unter 25 t/ha. Ein relativer Ertragsnachteil der spätreifen Maissorte bei Wasserlimitierung (unbewässerten Variante) konnte nicht festgestellt werden. Damit konnte *H2* nicht bestätigt werden.

Tab.2: Gemessene TM-Erträge der 3 Sorten im Mittel über 3 Jahre auf dem Standort Braunschweig, die Relativerträge der unbewässerten Varianten, simulierte kumulierte aktuelle Transpiration und Evaporation sowie berechnete Transpirations- und Wassernutzungseffizienzen (TUE, WUE); *bw*: bewässert, *ubw*: unbewässert.

	mittel früh		mittel spät		spät	
	bw	ubw	bw	ubw	bw	ubw
gemessene TM-Erträge [t/ha]	23.5	19.0	23.3	18.2	24.2	21.1
gemessene TM-Erträge [%] (bewässerte Varianten = 100)	100	81	100	78	100	87
simulierte kumulierte aktuelle Transpiration [mm]	285	231	304	248	315	260
TUE [g/l]	8.3	8.3	7.7	7.4	7.7	8.3
simulierte kumulierte aktuelle Evaporation [mm]	159	156	153	150	152	149
WUE [g/l]	5.3	4.9	5.1	4.6	5.2	5.2

Die über 35 Jahre für 3 Standorte durchgeführten Simulationsrechnungen ergaben gemittelt über alle Sorten durchschnittliche TM-Erträge <22 t/ha, wobei der kühlere Standort Kiel den niedrigsten Ertrag (18.9 t/ha) realisierte (Tab. 3). Die Simulation nicht wasserlimitierter (akt. Transpiration = pot. Transpiration), sondern rein temperatur- und strahlungslimitierter Ertragspotenziale ergab potentielle Erträge in Höhe von 24-29 t TM/ha. *H3* konnte somit nicht bestätigt werden; selbst mit Bewässerung sind TM-Erträge in Höhe von 30 t/ha nur schwer zu erreichen.

Tab.3: Simulierte mittlere Erträge, Ertragspotenziale und benötigte Bewässerungsmengen für 3 Standorte in Deutschland, im Mittel über 3 Sorten und 35 Jahre.

Standort	mittlere Erträge [t/ha]	Ertragspotenzial [t/ha]	benötigte Bewässerung für Ertragspotenzial [mm]
		temperaturlimitiert, nicht wasserlimitiert (Takt = T _{pot})	
Kiel	18.9	24.3	184
Magdeburg	21.4	27.5	305
Rendsburg	19.8	28.6	236

Fruchtartenspezifische P-Ausnutzung aus Biomasseaschen

K. Schiemenz, J. Kern*, H. M. Paulsen** & B. Eichler-Löbermann

Einleitung

Da die weltweiten P-Ressourcen limitiert sind und die noch verfügbaren, abbauwürdigen Phosphorlagerstätten beim heutigen Nutzungsniveau nach Haarr (2005) und Pradt (2007) nur noch für etwa 100 Jahre reichen, steigt das Interesse am Recycling von P-haltigen Rückständen und Abfällen. Mit vermehrter Nutzung von Biomasse zur Energiegewinnung stehen zunehmend auch Verbrennungsrückstände (Biomasseaschen) für die Wiederverwendung im Pflanzenbau zur Verfügung. Asche als Sekundärrohstoffdünger ist aufgrund der Nährstoffgehalte für die Nutzung als Düngemittel interessant (Pels et al. 2005).

Die Untersuchungen wurden mit dem Ziel durchgeführt, den Einfluss von Biomasse-Aschen auf die P-Ernährung verschiedener Fruchtarten zu ermitteln.

Material und Methoden

2008 wurde an der Universität Rostock ein Gefäßversuch durchgeführt, in dem die Eignung verschiedener Biomasseaschen als P-Düngemittel an 4 unterschiedlichen Fruchtarten (Mais, Blaue Lupine, Sommer-Gerste und Sommer-Raps) untersucht wurde. Allen Gefäßen wurde vor der Saat einheitlich eine Nährlösung mit NH_4NO_3 und MgSO_4 zugegeben. Die Aussaat der Kulturen erfolgte auf P-armem, sandigen Lehmboden (P(DI)-Gehalt < 4 mg/100g, pH 6,2). Es wurden die in Tab. 1 aufgeführten 6 Düngevarianten hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf Pflanzen- und Bodenparameter verglichen.

Tab. 1: Düngevarianten und Nährstoffmengen (g Gefäß^{-1}) im Gefäßversuch 2008.

Düngevariante	Abkürzung	Nährstoffgehalt		
		N	P	K
Kontrolle	Kon	0,5	-	-
Phosphor ($1,0 \text{ g TSP Gefäß}^{-1}$)	TSP	0,5	0,2	-
Rapsextraktionsschrotasche ($2,5 \text{ g Gefäß}^{-1}$)	RESA	0,5	0,2	0,2
Strohasche ($9,8 \text{ g Gefäß}^{-1}$)	SA	0,5	0,1	0,5
Getreideganzpflanzenasche ($1,9 \text{ g Gefäß}^{-1}$)	GGA	0,5	0,2	0,2
Kalium ($1,0 \text{ KCl g Gefäß}^{-1}$)	KCl	0,5	-	0,5

Ergebnisse und Diskussion

Es wird ersichtlich, dass mit GGA und RESA, gefolgt von der TSP-Variante, die höchsten Spross-Erträge erzielt werden konnten (Tab.2). Die GGA-Variante wies generell signifikant erhöhte Erträge im Vergleich zur ungedüngten Kontrollvariante auf. Da andere Nährstoffe im Optimum vorhanden waren, lassen sich somit die Ertrags-

Universität Rostock, Institut f. Landnutzung, J.-v.-Liebig-Weg 6, 18051 Rostock
bettina.eichler@uni-rostock.de, katja.schiemenz@uni-rostock.de

* Leibniz-Institut für Agrartechnik Potsdam-Bornim, Max-Eyth-Allee 100, 14469 Potsdam,
jkern@atb-potsdam.de

**Institut für ökologischen Landbau im Johann Heinrich von Thünen-Institut (vTI), Trenthorst 32,
23847 Westerau, hans.paulsen@vti.bund.de

unterschiede auf die P-Zufuhr durch die Düngemittel zurückführen. Bereits 2007 wurden im Gefäßversuch mit lehmigem Sand bei Mais und Lupine zumindest tendenziell erhöhte Erträge aufgrund von P-Düngung mit Aschen oder TSP verzeichnet. Die aufgrund der Düngung vergleichsweise erhöhten Erträge stehen in engem Zusammenhang mit den ermittelten P-Aufnahmen (Tab. 2). Da die P-Aufnahme der Pflanzen u.a. von der P-Aktivität in der Bodenlösung, vom Wasserhaushalt, aber auch von der aufnahmeaktiven Wurzellänge beeinflusst wird, wurden auch wurzelmorphologische Erhebungen durchgeführt. Zumindes tendenziell ließen sich bei Lupine, So-Gerste und So-Raps nach RESA-Düngung auch die größten Wurzellängen je Gefäß ermitteln (Werte hier nicht dargestellt).

Die untersuchten Fruchtarten zeigten ein unterschiedliches Verhalten in Bezug auf die P-Aufnahme; bei So-Gerste wurden die höchsten Werte festgestellt (Tab. 2).

Tab. 2: Spross-Erträge (g Gefäß⁻¹) und P-Aufnahme (mg Gefäß⁻¹) der Fruchtarten in Abhängigkeit von der Düngung, Gefäßversuch 2008.

Düngung	Mais	Lupine	So-Gerste	So-Raps	Mittelwert
Erträge in g Gefäß⁻¹					
	p=0,000***	p=0,007**	p=0,001***	p=0,011*	p=0,044*
Kon	32,3 a	29,2 ab	41,7 a	20,0 a	30,8 a
TSP	44,7 c	31,7 ab	46,5 b	23,6 b	36,6 abc
RESA	45,4 c	33,9 bc	48,3 b	24,8 b	38,1 bc
SA	38,1 b	27,5 a	42,3 a	24,6 b	33,1 abc
GGA	47,4 c	37,9 c	45,9 b	24,3 b	38,9 c
KCI	32,7 a	28,2 ab	42,6 a	22,1 ab	31,4 ab
P-Aufnahme in mg Gefäß⁻¹					
	p=0,000***	p=0,000***	p=0,000***	p=0,000***	p=0,000***
Kon	44,3 a	53,6 ab	67,1 a	47,2 a	53,1 a
TSP	69,2 c	61,6 bc	92,7 b	78,4 b	75,5 c
RESA	71,7 cd	64,9 c	94,6 b	73,2 b	76,1 c
SA	56,7 b	56,3 bc	70,6 a	67,9 b	62,9 b
GGA	77,0 d	74,0 d	88,6 b	73,0 b	78,2 c
KCI	45,4 a	46,4 a	62,7 a	51,9 a	51,6 a

Mittelwerte mit verschiedenen Buchstaben unterscheiden sich signifikant, Duncan-Test, $p \leq 0,05$; * $p \leq 0,05$; ** $p \leq 0,01$; *** $p \leq 0,001$

Die bisherigen Ergebnisse weisen auf die Eignung von Biomasseaschen zur P-Versorgung der Pflanzen hin, wobei deren Wirksamkeit vom eingesetzten Verbrennungsmaterial und den angebaute Fruchtarten abhängt. Das mit der Nutzung von Biomasseaschen verbundene Nährstoffrecycling ist ein Beitrag zur Erhöhung der Nachhaltigkeit in der Landwirtschaft.

Literatur

- Haarr, A. (2005): The Reuse of Phosphorus. Eureau Position Paper EU2-04-SL09, 2005.
 Pels, J.R.; D.S. de Nie und J.H.A. Kiel (2005): Utilization of ashes from biomass combustion and gasification. 14th European Biomass Conference & Exhibition, Paris, France, 17-21 October 2005.
 Pradt, D. (2007): Mineraldüngerproduktion im regionalen Vergleich – Deutschland, Europa, Welt. Tagungsband Rohstoffverfügbarkeit für Mineraldünger – Perspektiven unter hohen Energiekosten und begrenzten Ressourcen. Bundesarbeitskreis Düngung (BAD), Frankfurt/Main, 99-112.

Bestimmung der chemischen Zusammensetzung von Presskuchen mechanisch entwässerter Silagen mittels der Nah-Infrarot- Spektroskopie

D. Perbandt, J. Reulein, F. Richter, R. Stülpnagel
& M. Wachendorf

Einleitung

Hintergrund dieses Beitrages ist ein System zur energetischen Nutzung landwirtschaftlicher Biomassen, das mit der Trennung feucht konservierter Ganzpflanzen in einen trockenen Brennstoff und einen vergärbaren Presssaft eine optimierte Energieausbeute zum Ziel hat (Scheffer, 2005; Wachendorf et al., 2007). In diesem Kontext gewinnt die Bereitstellung einer einfachen und schnellen Analyse-methode zur qualitativen Beurteilung von Presskuchen als Festbrennstoff zunehmend an Bedeutung. Die Eignung der Nahinfrarot-Spektroskopie (NIRS), als eine bewährte Analyse-methode zur qualitativen Bestimmung von Nährstoffgehalten in Futtermitteln, soll hinsichtlich verbrennungstechnisch relevanter Inhaltsstoffe in Presskuchen untersucht werden.

Material und Methoden

Pflanzenmaterial

Insgesamt stehen 210 Presskuchen für die Kalibration zur Verfügung, die aus der Abpressung von Frischsilagen durch eine Schraubenpresse stammen (Reulein, 2007; Wachendorf, 2008). Das Ausgangsmaterial umfasst Reinsilagen aus Getreideganzpflanzen und Mais sowie Mischsilagen z.B. aus Mais oder Weizen und Stroh, Mais und Sonnenblume, Grünlandschnitte aus extensiver Nutzung oder Wintererbse/Winterwicke. Die Presskuchen sind bei 65°C getrocknet und unter Verwendung einer CYCLOTEC-Mühle auf 1mm vermahlen worden. Referenzproben werden gemäß Weender Analyse für acht Inhaltsstoffe ermittelt: Stickstoff (N), Rohfaser (XF), Rohfett (XL), Rohasche (XA), Nitrat freie Extraktstoffe (XX), Kalium (K), Phosphat (P) sowie Chlorid (Cl).

NIRS-Kalibration und Validation

Die Spektren sind in einem XDS-Spektrometer der Fa. Foss (Hillerød, Dänemark) aufgenommen worden und setzen sich aus 25 Einzelmessungen der Probe zusammen. Die Kalibration erfolgt mittels der WinISI-Software (Version 1.63; Infrasoft International, LLC; Silver Spring, USA) über den gesamten Wellenlängenbereich von 400 bis 2500 nm. Dazu werden die Proben in einen Validationssatz (30% der Proben) und einen Kalibrationssatz aufgeteilt. Die chemometrische Vorbehandlung umfasst die Korrektur der Streueinflüsse (SNV and Detrend) sowie die mathematische Behandlung 1,4,4,1 und 2,4,4,1 (Shenk und Westerhaus, 1993). Als Regressionsmethode wird MPLS gewählt. Zur Beurteilung der Kalibration werden der Standardfehler (SECV) sowie das Bestimmtheitsmaß (1-VR) der Kreuzvalidierung herangezogen. Die Kalibrationsgleichung mit dem niedrigsten SECV wird für eine externe Validation herangezogen. Zur Beurteilung der Güte werden die Steigung der Regressionsgeraden (a), der Korrelationskoeffizient (R^2) sowie das Verhältnis der Standardabweichung der Laborwerte (SD) zum Standardfehler der Kalibration

(SEPC), der sogenannte RPD, verwendet. Ein RPD über 3 bezeichnet eine sehr gute Kalibration (Williams, 2001).

Ergebnisse und Diskussion

Für die Inhaltsstoffe XL, XA, XF und XX werden sehr gute Kalibrierungsergebnisse mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 0.91 und 0.97 sowie RPD-Faktoren über 3 erzielt (Tabelle 1). Die Parameter K, P und CI lassen sich ebenfalls in einer ausreichenden Güte vorhersagen mit Bestimmtheitsmaßen zwischen 0.79 und 0.93 sowie RPD-Faktoren zwischen 2.2 (CI und P) und 3.9 (K). Im Gegensatz dazu liefert die Validation mit einem Bestimmtheitsmaß von 0,65 und einem RPD-Wert von 1,7 kein befriedigendes Ergebnis für die analytische Bestimmung von N. Die Kalibration eines Probensatzes nicht abgepresster Silagen desselben Ausgangsmaterials ergibt sehr gute Kalibrierungsergebnisse ($R^2=0.97$; Ergebnisse nicht gezeigt). Dies lässt vermuten, dass die Ursache für das schlechte Kalibrierungsergebnis in Presskuchen in dem Abpressvorgang der Silagen und einer damit verbundenen Denaturisierung des Stickstoffs in der molekularen Struktur der Pflanzen begründet ist.

Tab. 1: Ergebnisse der Kalibration und Validation anhand der statistischen Kenngrößen: Standardfehler der Kreuzvalidierung (SECV), Bestimmtheitsmaß der Kreuzvalidierung (1-VR), math. treatment, Steigung der Regressionsgeraden (a), Korrelationskoeffizient (R^2) und das Verhältnis der Standardabweichung der Laborwerte zum Standardfehler der Kalibration (RPD) für die Inhaltsstoffe

Inhaltsstoff	Kalibration			Validation		
	SECV (% DM)	1-Vr	math. treatment	a	R^2	RPD
N	0.10	0.42	2,4,4,1	0.60	0.65	1.7
XL	0.28	0.87	1,4,4,1	0.95	0.91	3.3
XA	0.48	0.89	2,4,4,1	0.88	0.95	4.4
XF	1.67	0.93	2,4,4,1	0.92	0.94	3.9
XX	1.72	0.93	1,4,4,1	1.02	0.97	5.6
K	0.10	0.85	2,4,4,1	0.89	0.93	3.9
P	0.01	0.77	1,4,4,1	0.86	0.81	2.2
CI	0.02	0.84	2,4,4,1	0.79	0.79	2.2

Literatur

- Reulein, J. *et al.* (2007): Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. Tagungsband der 15. Europäischen Biomasse-Konferenz & Ausstellung, Berlin, S. 1770–1774
- Scheffer, K. (2005): Optimierte Konzepte für den Anbau und die energetische Nutzung landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. Beitrag zum Internetportal „Vom Landwirt zum Energiewirt“; <http://www.energiewirt.fechnermedia.de/downloads/pflanzenbau2.pdf>; (Stand: August 2006)
- Shenk, J.S., Westerhaus M.O. (1993): Analysis of Agriculture and Food Products by Near-infrared Reflectance Spectroscopy. Infracore, Port Matilda
- Wachendorf M., Fricke T., Graß R., Stülpnagel R. (2007): Ein neues Konzept für die bioenergetische Nutzung von Grünlandbiomasse. Tagungsband der 51. AGGF, Göttingen S.165-168
- Wachendorf, *et al.* (2008): Utilisation of semi-natural grassland through an integrated generation of solid fuel and biogas from biomass. Part I: Effects of hydrothermic conditioning and mechanical dehydration on mass flows of organic and mineral plant compounds and nutrient balances. Grass and Forage Science (eingereicht).
- Williams, P.C. (2001): Implementation of near-infrared technology. In: Williams, P.C., Norris, K.H.: (Eds.) American Association of Cereal Chemist. St. Paul, Minnesota, USA, 145-169

Einfluss von Gärprodukten aus der Biogaserzeugung mit Energiepflanzen auf Regenwurmpopulationen eines mittelschluffigen Sandbodens

V. Wragge, P. Gruner & F. Ellmer

Einleitung

Durch die steigende Anzahl von Biogasanlagen in Deutschland werden Gärprodukte vermehrt als Dünger im Ackerbau eingesetzt. Die bisherige Forschung ist auf die Nährstoff- und Humusreproduktionswirkung fokussiert. Auswirkungen auf das Edaphon wurden hingegen bislang nicht hinreichend untersucht. In einem Feldversuch sind dazu im Jahr 2007 die Wirkungen von Gärprodukt aus einer Biogasanlage als Düngestoff auf Regenwurmpopulationen geprüft worden.

Material und Methoden

Gärprodukt: Das auf seine Wirkung überprüfte Gärprodukt stammte aus einer mesophil betriebenen Nassfermentationsanlage, welche Mais- und Roggensilage sowie Getreidekorn als Substrate verwendet. Der Trockensubstanzgehalt betrug 7 %, davon waren 79 % organisch. Der Stickstoffgehalt betrug 0,51 % in der Frischmasse (FM), davon waren 67 % NH_4^+ -N. Die Phosphor- und Kaliumgehalte betragen 0,07 % und 0,45 % in der FM, der pH-Wert lag bei 8,2.

Feldtest: In einem Parzellenfeldversuch mit Sommerweizen (Sorte „Picolo“) in Berlin-Dahlem wurden am 23. April 2007 die Regenwurmpopulationen zwei Wochen nach Düngung verschiedener Aufwandmengen (0, 50, 100 und 150 kg ha⁻¹ N) des Gärproduktes bestimmt. Der Boden am Standort ist ein mittel schluffiger Sand. Aus den Parzellen der einfaktoriellen Blockanlage wurden in vierfacher Wiederholung je Parzelle ¼ m² Boden 20 cm tief ausgehoben und diese Proben auf Regenwürmer mittels Handauslese untersucht. Die Prüfmerkmale waren Abundanz, Biomasse, Art und Alter der Regenwürmer.

Vermeidungstest: Zusätzlich zu den Felduntersuchungen wurde ein Laborversuch durchgeführt, der auf dem sensiblen Vermeidungsverhalten von Regenwürmern beruht. Jeweils zehn Würmern der Art *Eisenia fetida* wurde die Wahl zwischen Kontrollboden und gedüngtem Prüfboden gelassen (Zweikammersystem), wobei eine 80 %ige Meidung des Prüfbodens (ausgehend von einer 50:50-Verteilung) ein Hinweis auf ein Gefährdungspotential gibt (Hund-Rinke et al. 2002). Es wurden zwei Vermeidungstests (VT) mit unterschiedlichen Gärprodukt-Konzentrationen im Prüfboden durchgeführt. Im VT 1 wurde eine Aufwandmenge von 150 kg ha⁻¹ N auf die Bodenmasse umgerechnet, so dass auf 500 g Boden 6,2 g Gärprodukt-FM gegeben wurden. Im VT 2 wurde die N-Menge auf die Bodenoberfläche umgerechnet. Daraus ergaben sich 30,6 g Gärprodukt-FM auf 500 g Boden. Beide Tests wurden fünffach wiederholt und nach 48 h ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Feldtest: Der Einsatz von Gärprodukt als Düngestoff führte zum Rückgang der Regenwurmabundanzen um 20 bis 28 %. Bei steigenden Aufwandmengen betraf dies überwiegend juvenile Tiere (Abb. 1a). Große Aufwandmengen führten zur Veränderung der Artenverteilung. Dabei nahm der Anteil von *A. icterica* zugunsten von *A. caliginosa* ab (Abb. 1b).

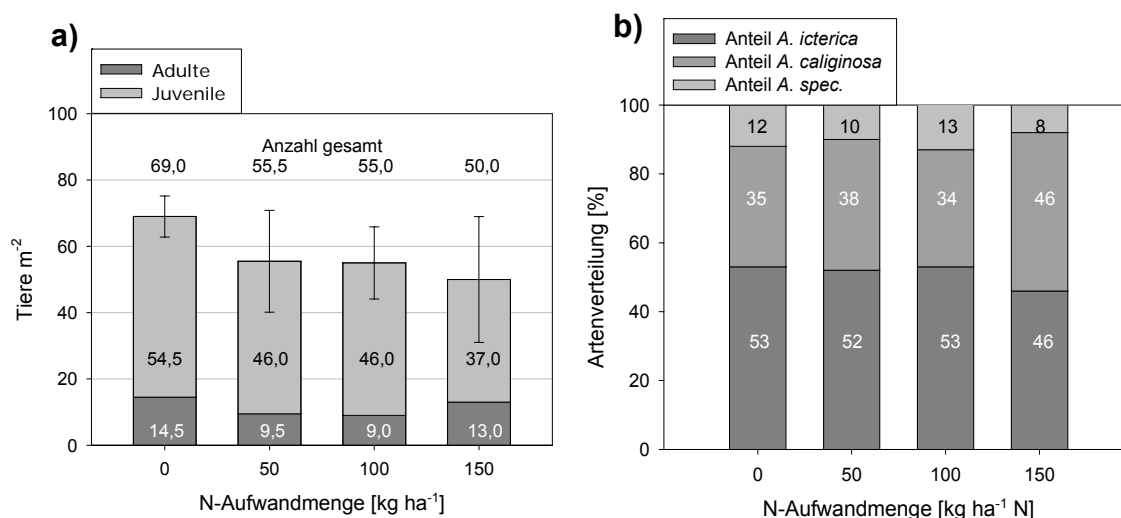


Abb. 1: a) Mittlere Abundanz und Altersstufen von *Aporrectodea spec.* bei verschiedenen N-Mengen aus Gärprodukt im Feldtest;
 b) Artenverteilung von *Aporrectodea icterica*, *A. caliginosa* und *A. spec.* im Feldtest in Abhängigkeit von der N-Aufwandmenge

Vermeidungstests: Im Laborversuch mit *Eisenia fetida* wurde bestätigt, dass große Mengen an Gärprodukt im Boden zum Meiden dieses Substrates führen (Tab. 1).

Tab. 1: Mittlere Verteilung von *Eisenia fetida* in den Vermeidungstests (VT 1 und 2) nach 48 h bei verschiedenen Konzentrationen des Gärprodukts

Test	Kontrollboden	Prüfboden	Vermeidung (%)
VT 1	3,6	6,4	-28
VT 2	9,8	0,2	96

So führte eine geringe Aufwandmenge des Gärprodukts eher zu einer Bevorzugung des Prüfbodens (-28 % Vermeidung). Eine positive Auswirkung der Düngung mit Gärprodukt bzw. Fraktionen davon wurde auch von Brauckmann und Broll (2007) gefunden. Die hohe Aufwandmenge im VT 2 hatte dagegen eine 96 %ige Vermeidung zur Folge. Damit ist von einem Gefährdungspotential auszugehen, welches kausal analysiert und bewertet werden muss.

Literatur

Brauckmann, H.-J- und G. Broll 2007: Auswirkungen der Ausbringung von Gärresten aus Biogasanlagen auf Regenwürmer. Mitt. Deutsche Bodenkundliche Gesellschaft 110 (2): 747-748.
 Hund-Rinke, K.; R. Achazi; J. Römbke und D. Warnecke 2002: Avoidance test with *Eisenia fetida* as indicator for the habitat function of soils: Results of a laboratory comparison test. Journal of Soils and Sediments 3 (1): 7-10.

Einfluss der Wasserversorgung auf Ertrag und Qualität beim Mischanbau zur Biogasnutzung

S. Schittenhelm & T. Neumann

Einleitung

Der Mischanbau (vgl. Aufhammer, 1999 und Hoffmann et al., 2005) könnte einer Monotonisierung des Landschaftsbildes durch zunehmenden Maisanbau in den Einzugsgebieten von Biogasanlagen entgegenwirken. Daneben bietet der Mischanbau theoretisch auch die Möglichkeit einer Optimierung der Methanausbeute durch Kombination von Pflanzenarten die sich in ihren Inhaltsstoffen ergänzen. Im Hinblick auf die Bereitstellung einer konstanten Substratqualität für einen stabilen Anlagenbetrieb stellt sich die Frage, ob und gegebenenfalls wie sich eine unterschiedliche Wasserverfügbarkeit am Standort auf den Ertrag und die Qualität der Gärsubstrate auswirkt.

Material und Methoden

Der Versuch wurde in den Jahren 2006 und 2007 unter einem Folientunnel auf dem Versuchsfeld des Instituts in Braunschweig als zweifaktorielle Spaltanlage mit zwei Wiederholungen durchgeführt. Die Wasserregime (kein, leichter und starker Trockenstress) bildeten die Großteilstücke und die Mischungen (Mais/Sonnenblume, Mais/Futterhirse) die Kleinteilstücke. Die verwendeten Sorten waren ES Ultra Star (Mais), Alisson (Sonnenblume) und Rona 1 (Futterhirse). Die Mischungen wurden so ausgesät, dass Doppelreihen von Sonnenblume und Futterhirse jeweils von Maisdoppelreihen umgeben waren. Die äußeren Maisreihen bildeten jeweils den Parzellenrand. Die Bewässerung erfolgte mittels druckkompensierter Tropfrohren und wurde über FDR-Sonden gesteuert. Die gesamte ausgebrachte Wassermenge in den Parzellen mit starkem, leichtem und ohne Trockenstress betrug 138, 242 und 332 mm im Jahre 2006 sowie 40, 185 und 300 mm im Jahr 2007. In den Jahren 2006 und 2007 wurden am 7. bzw. 13. September ca. 2,5 m² von jedem Mischungspartner separat per Hand geerntet, Ertrag und Trockensubstanzgehalt bestimmt und eine Weender Futtermittelanalyse durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Erwartungsgemäß erhöhten sich die TM-Erträge der Mais/Sonnenblume und Mais/Futterhirse Mischungen mit zunehmender Bodenfeuchte (Tab. 1). Der mit 9,8 t ha⁻¹ niedrigste TM-Ertrag wurde von der Mais/Sonnenblume Mischung unter starkem Trockenstress und der mit 18,6 t ha⁻¹ höchste TM-Ertrag von der Mais/Futterhirse Mischung ohne Trockenstress erzielt.

Eine unterschiedliche Wasserversorgung kann die Substratqualität von Mischungen auf zwei Wegen beeinflussen: Direkt durch Veränderung der Nährstoffgehalte der Mischungspartner und indirekt über eine Verschiebung der relativen Ertragsanteile der Mischungspartner infolge veränderter interspezifischer Konkurrenz. In der vorliegenden Untersuchung wurde die Substratqualität hauptsächlich indirekt beeinflusst. Die Nährstoffgehalte der Mais/Sonnenblume Mischung wurden wegen des unterschiedlichen Entwicklungsverlaufs der Mischungspartner deutlich stärker durch das verfügbare Bodenwassers verändert als die der Mais/Futterhirse Mischung. Bei der Mais/ Sonnenblume Mischung zeigte der Rohfettgehalt mit einer Variationsbreite von

5,2 bis 11,1% eine besonders starke Abhängigkeit vom Wasserregime. Bei dieser Mischung wurde der höchste Rohfettgehalt in beiden Versuchsjahren in der Variante 15-30% nFK erzielt. In dieser Variante war der Ertragsanteil der Sonnenblume mit durchschnittlich 46% vergleichsweise hoch (Abb. 1). Aufgrund ihrer zügigen Entwicklung im Frühjahr nutzt die Sonnenblume die Winterbodenfeuchte effizienter als der Mais. Bis es für den Mais mit seinem höheren Wärmebedarf warm genug ist, hat die Sonnenblume die Winterbodenfeuchte bereits weitgehend verbraucht. Die Bedingungen wie sie in dieser Variante vorlagen entsprechen einer Situation mit feuchten Wintern und trocken-warmen Sommern wie sie angesichts des Klimawandels in der Zukunft erwartet wird.

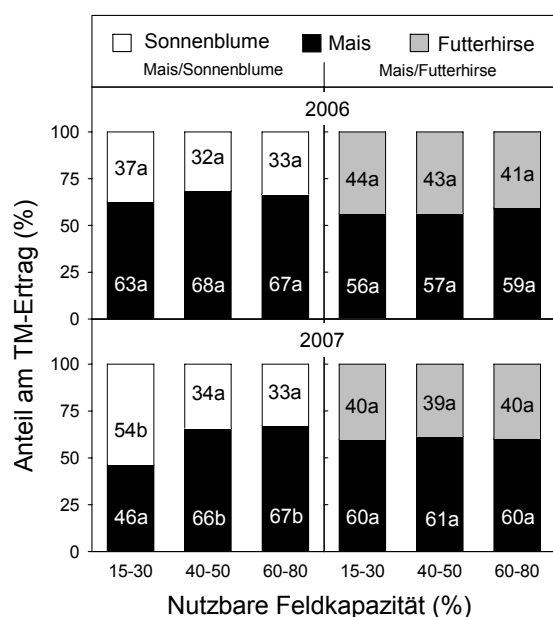


Abb. 1: Anteil der Mischungspartner am Trockenmasseertrag in Abhängigkeit von der Bodenfeuchte.

Literatur

- Aufhammer, W. 1999. Mischanbau von Getreide- und anderen Körnerfruchtarten. Ein Beitrag zur Nutzung der Biodiversität im Pflanzenbau, Stuttgart.
- Hoffmann, H., J. Borgman, J. Hahn. 2005. Neue Anbaumethoden und alternative Kulturpflanzen im Pflanzenbau – Entwicklungsstand und Potenziale. Humboldt-Universität zu Berlin, Landwirtschaftlich-Gärtnerische Fakultät, Institut für Pflanzenbauwissenschaften.

Tab. 1: Einfluss der nutzbaren Feldkapazität (nFK) auf Trockenmasseertrag und Nährstoffgehalte in der Trockenmasse von Mais/Sonnenblume (M/S) und Mais/Futterhirse (M/F) Mischungen.

nFK (%)	2006		2007	
	M/S	M/F	M/S	M/F
<u>TM-Ertrag (t ha⁻¹)</u>				
15-30	9,8a	11,5a	11,9a	11,8a
40-50	12,3ab	15,5a	14,6b	18,4b
60-70	14,5b	17,5a	17,7c	18,6b
<u>Rohasche (%)</u>				
15-30	7,5a ^a	5,0a	8,8a	5,5a
40-50	7,9a	5,0a	8,5a	5,5a
60-70	7,9a	5,1a	8,5a	5,5a
<u>Rohfett (%)</u>				
15-30	7,8a	2,5a	11,1b	2,0a
40-50	5,6a	2,6a	5,5a	1,6a
60-70	5,2a	2,6a	6,1a	1,6a
<u>Rohprotein (%)</u>				
15-30	9,3b	8,0a	9,1b	7,4ab
40-50	7,9a	6,8a	7,8a	6,9a
60-70	7,6a	7,0a	7,7a	7,6b
<u>N-freie Extraktstoffe (%)</u>				
15-30	54,0a	62,9a	47,5a	62,9a
40-50	56,4a	63,4a	54,2b	63,3a
60-70	53,7a	61,2a	53,9b	64,2a
<u>Rohfaser (%)</u>				
15-30	21,4a	21,6a	23,5a	22,3a
40-50	22,2b	22,2a	24,0a	22,7a
60-70	25,5c	24,1a	23,7a	21,1a

^a Mittelwertvergleiche innerhalb von Jahr, Mischung und Merkmal, t-Test, P = 0,05.

Einfluss von Tannin auf die Keimung von *Lotus corniculatus* L. und *Lolium perenne* L. bei variierten Umweltbedingungen

H. Laser & B. Siekmann

Einleitung

Lotus corniculatus-Pflanzen enthalten häufig erhebliche Mengen an Tanninen, die zum Teil auch in den Boden gelangen können. Allelopathische Effekte des Tannins sind nicht auszuschließen (KRAUS et al. 2003). Es stellt sich daher die Frage, ob Tannine die Keimungsbedingungen anderer Pflanzenarten bzw. der Leguminose selbst beeinflussen.

Material und Methoden

Jeweils 20 Samen wurden in Petrischalen eingezählt und unterschiedlichen Umwelten in Klimakammern ausgesetzt. Die Faktoren waren dabei Tanninkonzentration (0 / 0,1 / 0,5 / 1,0 / 5,0 / 10,0 % in 2 ml Keimmedium pro Schale), Art (*Lotus corniculatus* und *Lolium perenne*) und Licht (16 Std. Licht und 8 Std. Dunkelheit bzw. 24 h Dunkelheit). Ferner wurden unterschiedliche Konzentrationen von Polyethylenglycol (= PEG 6000) zugefügt (0, 67, 161 g l⁻¹). Einerseits wird Tannin durch Komplexbildung mit PEG offenbar physiologisch inaktiv (MAKKAR et al. 1995) andererseits führt PEG durch sein hohes osmotisches Potential zu erhöhten Wasserspannungen. Die PEG-Konzentrationen induzierten in deionisiertem H₂O nach MICHEL & KAUFMANN (1973) Wasserspannungen von -1000 hPa (67 g l⁻¹) bzw. -4000 hPa (161 g l⁻¹). Um die Keimung bei Dunkelheit zu testen, wurden die Petrischalen in lichtundurchlässigen Kisten gelagert. In den Tannin-Varianten wurde Tannin (C₇₆H₅₂O₄₆) des Herstellers J.T. Baker (Baker Analyzed Reagent, Art. Nr. 1199) eingesetzt. Die Keimungsraten des Saatgutes wurden nach 0, 2, 4, 6, 10, und 28 Tagen erhoben und nach Anwendung einer Arcus-Sinus-Transformation mittels mehrfaktorieller Varianzanalyse verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Abb. 1 zeigt die Keimergebnisse von *Lolium perenne* und *Lotus corniculatus* nach 28 Tagen. Bei Tanninkonzentrationen von 1 % im Keimmedium zeigen sich bei Samen des Grasses *Lolium perenne* geringfügig, bei 10% Tannin deutlich reduzierte Keimungsraten. Auch die Keimungsgeschwindigkeit (nicht dargestellt) ist deutlich reduziert. Signifikant anders reagieren Samen von *Lotus corniculatus*. Die Interaktion Art x Tannin ist die wichtigste Varianzursache (vgl. Tab. 1), da sich die Keimfähigkeit der Samen der tanninhaltigen Leguminose deutlich weniger von der Tanninkonzentration im Keimungsmedium beeinflusst zeigt als die der Grassamen. Es ist daher nicht auszuschließen, dass sich *Lotus corniculatus* durch pflanzeigene Tannine bei der Keimung einen Konkurrenzvorteil gegenüber anderen Pflanzenarten verschafft. Die Keimfähigkeit von *Lotus corniculatus* wird am stärksten durch die hohe PEG-Konzentration beeinflusst, insbesondere bei Belichtung. Die jeweilige Wirkung des Tannins und der Zugabe von PEG (= erhöhte Wasserspannung) auf die Keimungsraten beider Arten wird offenbar durch Komplexbildung der beiden Stoffe (MAKKAR et al. 1995) reduziert oder aufgehoben.

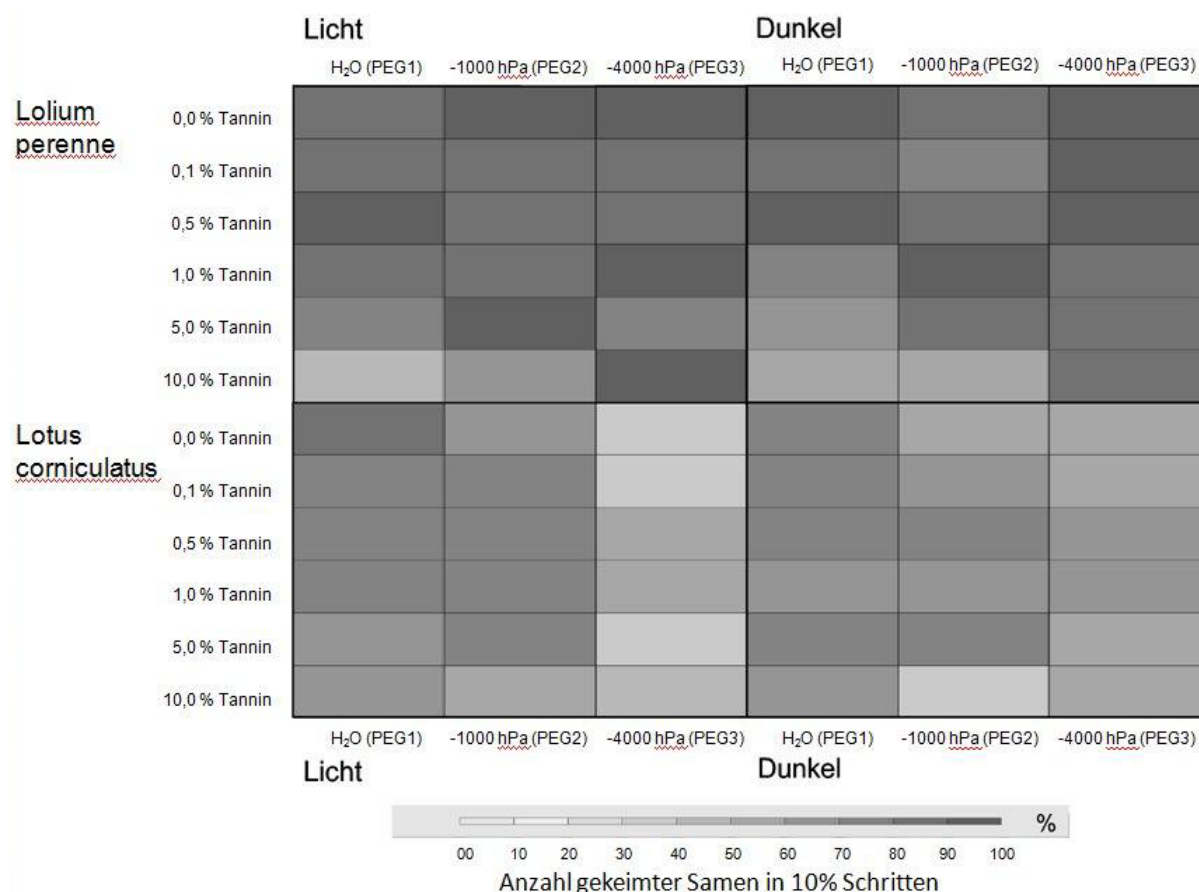


Abb. 1: Keimsspektrum von *Lolium perenne* und *Lotus corniculatus* nach 28 Tagen in Abhängigkeit von der Tanninkonzentration im Keimmedium, der Wasserspannung und der Belichtung

Tab. 1: Varianztabelle

Varianzursache	FG	MQ/F-Test
Art	1	25,426**
PEG	2	14,966**
Licht	1	26,475**
Tannin	5	54,79**
Art x PEG	2	63,468**
Art x Licht	1	49,251**
PEG x Licht	2	19,898**
Art x PEG x Licht	2	0,702
Art x Tannin	5	74,201**
PEG x Tannin	10	19,911**
Art x PEG x Tannin	10	19,521**
Licht x Tannin	5	2,065
Art x Licht x Tannin	5	2,259
PEG x Licht x Tannin	10	2,547
Art x PEG x Licht x Tannin	10	3,264
Fehler	215	
Gesamt	287	

Literatur

- Kraus T. E. C., R. A. Dahlgren & R. J. Zasoski, 2003: Tannins in nutrient dynamics of forest ecosystems - a review. *Plant & Soil* 256: 41–66, 2003.
- Makkar, H. P. S., M. Blummel & K. Becker, 1995: Formation of complexes between polyvinyl pyrrolidones or polyethylene glycols and tannins, and their implication in gas production and true digestibility in vitro techniques. *Br. J. Nutr.* 73, 897-913.
- Michel, B.E. & M.R. Kaufmann, 1973: The osmotic potential of Polyethylene Glycol 6000. *Plant Physiol.* 51, 914-916.

Zur Problematik von Befallsschwellenwerten bei Steinbrand an Öko-Saatgut

H. Spieß & F. Waldow*

Einleitung

Im ökologischen Getreidebau spielen saatgutübertragbare Brandkrankheiten aufgrund von Mängeln in der Saatguthygiene eine herausragende Rolle. Seit langem rangiert der Befall mit Weizensteinbrand (*Tilletia tritici*) an erster Stelle. Aktuelle Untersuchungen bestätigen die hohe Anfälligkeit des Winterweizens, wogegen Sommerweizen, Dinkel und Triticale deutlich geringer anfällig sind. Die Ergebnisse zeigen zudem, dass die Befallshöhe stark von der Anfälligkeit der Sorte abhängt. Eine Saatgutuntersuchung auf Sporenbesatz am Korn ist in Deutschland gesetzlich nicht vorgeschrieben. Für Saatgut empfehlen Öko-Verbände Schwellenwerte von 10 bis 20, Landesanstalten teils <100 Sporen pro Korn (S/K). Vergleichsuntersuchungen an unterschiedlich mit Steinbrand befallenen Referenzproben durch zehn verschiedene Labore zeigten erhebliche Unterschiede. Dadurch wird die Einhaltung von Befallstoleranzgrenzen erschwert, wenn nicht unmöglich gemacht. Dieser Sachverhalt weist auf Mängel in der Untersuchungsmethodik hin, weshalb zuverlässige Verfahren der Sporenerfassung einzusetzen sind. Ebenso fehlen einheitliche Regelungen für Befallsgrenzen des Sporenbesatzes am Saatgut.

Material und Methoden

In den vergangenen Jahren wurden verschiedene Untersuchungen zur Widerstandsfähigkeit alter und neuer Weizensorten gegenüber Steinbrandbefall durchgeführt (Spieß 2006). Danach sind beim Winterweizen keine vollresistenten und nur etwa zehn steinbrandtolerante Sorten vorhanden, welche für einen ökologischen Anbau wenig geeignet sind. Im Rahmen von Untersuchungen zur Steinbrandbekämpfung im Öko-Landbau (Wilbois et al. 2007) zeigte sich am Untersuchungsergebnis des Sporenbesatzes am Korn von Versuchsmaterial, dass Labore zu unterschiedlichen Resultaten kamen. Um künftig auf gesicherte Analyseergebnisse zur Einhaltung von Befallstoleranzgrenzen zurückgreifen zu können, wurden Körner von drei unterschiedlich hoch mit Sporen behaftete Weizensorten an zehn verschiedene Labore zur Steinbranduntersuchung verschickt. Zur Befallsermittlung im Feld wurden die Proben 2006/07 versuchsmäßig angebaut und der Befall ermittelt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ausbreitung des Steinbrandes ist derzeit lediglich durch die Feldanerkennung des Saatgutes geregelt, wonach auf 150 m² nicht mehr als drei bzw. fünf Brandähren bei Basis- bzw. Z-Saatgut vorhanden sein dürfen. Bei Zwergsteinbrand (*T. controversa*) darf es nur eine sein. Für den Besatz des Saatgutes mit Steinbrandsporen gibt es keine gesetzlichen Regelungen. Je nach Öko-Anbauverband liegen die Schwellen für die Aberkennung von Saatgut bei 10 bzw. 20 Sporen/Korn. Für den eigenen Saatgutnachbau wird häufig eine Höchstmenge von 100 S/K angesetzt. Wie die Ergebnisse der Sporenuntersuchung durch zehn verschiedene Labore in Tabelle 1 zeigen, sind die Resultate mit einem hohen Analysefehler behaftet. Besonders gravierend ist dies bei der Probe WWBAJ06, bei welcher es sich um anerkanntes Z-Saatgut der Sorte 'Batis' handelt. Während drei Labore Werte über der Befallsschwelle von 20 S/K er-

IBDF im Forschungsring e.V., Zwst. Dottenfelderhof, Holzhausenweg 7, D-61118 Bad Vilbel

* JKI, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Stahnsdorfer Damm 81, D-14532 Kleinmachnow

hielten, führte die Auszählung der anderen fünf zur Saatguterkennung. Anhand des Befalls in Höhe von 0,095% der Pflanzen (Tab. 1) wird jedoch deutlich, dass dieses Saatgut im Feld zur Aberkennung geführt hätte. Die unterschiedlichen Ergebnisse beruhen darauf, dass es keine vorgeschriebene ISTA-Methode für die Steinbranduntersuchung gibt. Es bietet sich dafür eine verbesserte Methode von Piorr (1991)

Tab. 1: Ergebnis von Steinbranduntersuchungen (*Tilletia tritici*) durch acht Labore an drei Winterweizen-Referenzproben 2006 sowie deren Feldbefall 2007

Herkunft Weizensorte	WW BAJ06	WW PAL06	WW CI06
Labor	Sporen/Korn	Sporen/Korn	Sporen/Korn
1	104	333	1070
1	51	301	n.b.
2	21	46	996
2	31	224	n. b.
3	5	320	1450
4	2,2	77	194
5	9	253	742
6	2	69	464*
7	<1	<166	<1611
8	1,44	46,8	2263
9	0	148	1040
10	46	478	5093
Mittelwert	25	209	1479
Variationsbreite	104	432	4899
Standardabweich. s	32	143	1479
Variationskoeff. sv [%]	130	68	100
*amtl. Form >100 Sporen/Korn			
Feldbefall 2007 [%]	0,095	0,38	9,90

an, welche die geforderte Genauigkeit für die in der Diskussion stehenden Befallstoleranzgrenzen gewährleistet. Um der Brandproblematik wirksam entgegenzutreten, schlagen die Autoren vor, den derzeit diskutierten Bereich eines unbedenklichen Sporenbesatzes von <10 S/K (Wilbois et al. 2007) für zertifiziertes Saatgut auf <1 S/K herabzusetzen. Danach müsste Saatgut unter Berücksichtigung der Anfälligkeit einer Sorte bereits ab einer nachgewiesenen Spore am Korn mit einem Richtlinien-konformen Saatgutbehandlungsmittel gebeizt werden. Ein solches Vorgehen könnte einen wesentlichen Fortschritt für die Beherrschung der Steinbrandproblematik im Öko-Landbau bedeuten. Dies setzt die Aufnahme einer geeigneten Methode der Steinbranduntersuchung in die ISTA-Vorschriften voraus.

Literatur

- Piorr, H.-P. 1991: Bedeutung und Kontrolle saatgutübertragbarer Schaderreger an Winterweizen im Organischen Landbau. Dissertation, Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn
 Spieß, H. 2006: Getreidebrand nachhaltig kontrollieren. Ökol. & Landbau 138/2: 26-28
 Wilbois, K.-P.; W. Vogt-Kaute, H. Spieß, M. Jahn und E. Koch 2007: Leitfaden Saatgutgesundheit im Ökologischen Landbau – Ackerkulturen. FiBL Deutschland e.V., Galvanistr.28, 60486 Frankfurt/M.

Electrostatic treatment for seed improvement – does it work?

Z. Molnár*, S. Gruber & W. Claupein

Introduction

It is always a challenge to protect plants against pathogens in Organic Farming since chemicals are not permitted. According to reports from popular science literature, the treatment of seeds, plants or other organisms with electrostatic fields promises advantages in their emergence, health or development (Bürgin 2007, Maché 2003). Outcomes of previous experiments have been explained by a re-organisation of a postulated disorder in organisms (Maché 2003). Some of the statements sound strange and are not easy to get accepted but rather seem to be outside the limit of current scientific theories. Therefore, it was the aim of this study to scientifically investigate the effect of an electrostatic field on seeds under double-blind conditions.

Materials and Methods

The experiment was set up in the year 2007, with seed lots which had a reduced germination capacity after several years of storage. This should allow identifying a possible effect of the treatments more clearly. The tested seed lots were oilseed rape (*Brassica napus*), variety Artus (harvested in 2001 and in 2002), and maize (*Zea mays*) varieties Pautzfelder (harvested 1982) and Schindelmeiser (harvested 1977). The species were selected as model plants, representing dicotyledonous and monocotyledonous species. The instrument for the electrostatic treatment was a glass plate capacitor coated with zinc oxide (prototype). Seed lots were placed between the two plates (plate distance 1.4 cm) on a sheet of paper for the treatments with a voltage of 3200 V cm^{-1} (direct current). The experiment was a two factorial block design with the factors 1. soaking the seeds in water for 14 hrs or not soaking the seeds prior to the electrostatic treatment, and 2. duration of the electrostatic treatment. All seed lots were tested separately in sub-experiments. Since the intensity of the electrostatic field could not be adjusted, the duration of the treatment was varied by 20, 40 and 60 min, added by two controls (00: seeds stored in another room and never placed into the instrument; 0: seeds placed in the instrument for 5 min while it was switched off). 12 replications were applied for *B. napus* and 8 replications for *Z. mays* treatments each under double-blind conditions. A germination test was performed subsequently to the treatments either by the "Long Test" (standard method of the institute: 100 seeds placed on Petri dishes with filter paper, germination at 20°C and light; only for *B. napus*), or by the "Short Test" according to ISTA rules (ISTA 1993; for both *B. napus* and *Z. mays*). The germination was controlled on days 1, 2, 4, 8, 14 and 21 (Long Test) for *B. napus* and only on days 5 and 7 (*B. napus*) or 4 and 7 (*Z. mays*) in the Short Test.

Results and Discussion

Soaking the seeds reduced germination in all 10 sub-experiments significantly by 10 to 20% (data not shown). This effect seems to be compensated by the treatments in one sub-experiment. Only the germination of soaked *B. napus* seeds from the harvest 2001, germinated by the Long Test, was significantly higher in all electrostatic treatments compared to the control (Fig. 1). This outcome confirms previous

Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, grubersf@uni-hohenheim.de

* Research Institute for Agricultural Economics, H-1093 Budapest, Zsil Str. 3-5., molnarzs@aki.gov.hu

results with the same seed lot, analysed nearly by the same method (Gaßmann 2006). However, the electrostatic treatment had no significant impact on non-soaked *B. napus* seeds in the Long Test and on all *B. napus* and *Z. mays* seeds tested by the Short Test (data not shown).

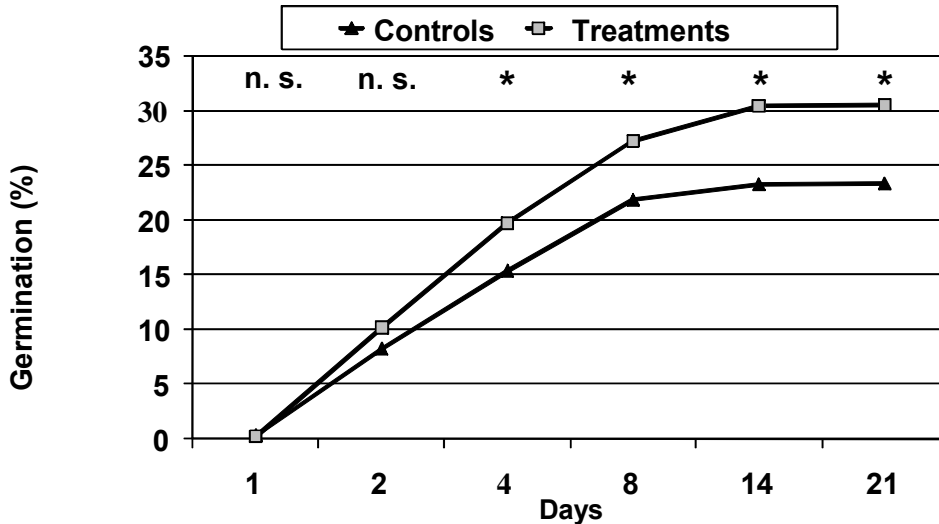


Fig. 1: Germination of oilseed rape (*B. napus*, variety Artus, harvested 2001) seeds in the Long Test after electrostatic treatments; comparison between mean of treatments over 20, 40 and 60 min and the control; seeds soaked in water prior to the treatment; significant for $P < 0.05$

The Short Test lasted only for one week so that significant differences which might occur later during the germination process (as observed in the 21-days Long Test) were possibly not covered. Unfortunately, most sub-experiments were made only by the Short Test because of the limited availability of seeds.

If there was any effect of the treatments, explanations for the effects are missing. Secondly, if there was an effect on long-term stored seeds, it is uncertain that this effect can also be observed in fresh material which is usually sown by farmers. Thirdly, it is still an open question whether and how (organic) farmers could make use of the effect in practical farming. Fourthly, it is not known whether any impact of the treatment could also cause unwanted effects, e.g. anomalies in growth.

The results inspire to make some modifications in the methods. Germination should be observed over a longer time than provided by the Short Test. Another opportunity is the modification of the instrument in terms of a specific adjustment of the voltage. All in all, the results cannot clearly answer the question whether there is or is not an effect of electrostatic fields on seed germination, but they make it worth to further investigate the topic. The experiment also showed the difficulties to scientifically investigate a new – and on the first view strange – method.

References

- Bürgin, L., 2007: Der Urzeit-Code. Herbig Verlag.
 Gaßmann, J., 2006: Effekte von Behandlungen im elektrostatischen Feld auf Keimfähigkeit und Keimgeschwindigkeit bei Raps. Bachelor thesis, Universität Hohenheim.
 Maché, R., 2003: Hochspannend. Flur und Furche 2, 10-11.
 ISTA, 1993: Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Seed Science and Technology 21, Supplement.

Brotqualität in Zusammenhang mit Kornvitalität von Weizen

P. Hrstkova*, V. Dostal*, T. Streda*, V. Horakova** & O. Chloupek*

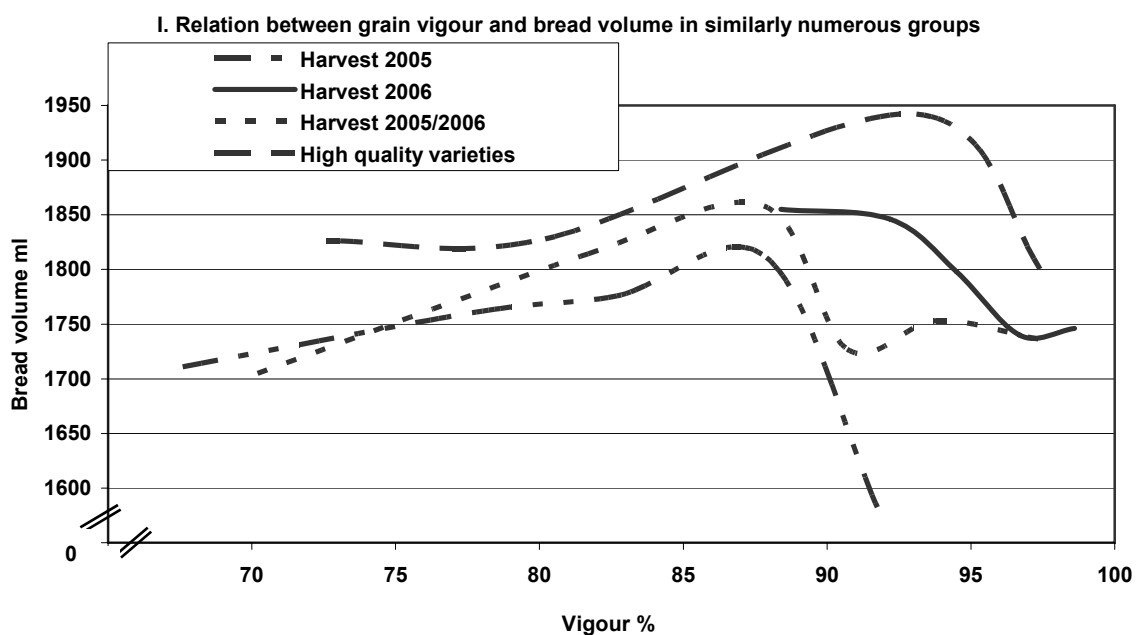
Die hohe Vitalität von Saatgut ermöglicht ein schnelles und homogenes Aufgehen in Feldbedingungen auch in nichtoptimalen Bedingungen. Das ermöglicht gleichmäßige Wachstum und Entwicklung und auch homogenes Korn. Wir bewerteten nicht nur die Vitalität, aber auch Zusammenhänge mit Mehl- und Brotqualität, d.h. mit Totalphenolgehalt und Brotvolumen in Proben von amtlichen Sortenversuchen in Tschechien. Die Proben stammten von neun Sorten geerntet in zwei Jahren an drei Stationen. Für Brotvolumenbewertung nutzten wir Brotautomat Panasonic, wie es bei Züchtern üblich ist. Die Vitalität wurde als Keimfähigkeit bei Wasserstress (-2 bar, i.e. Punkt von ständiger Welke) und Temperaturstress (10°C) bestimmt (Chloupek et al. 2003). Die besten Bäckersorten (E und A Qualität) hatten einen höheren Totalphenolgehalt (um 2,3 % Punkte) im Vergleich mit anderen Sorten. Der Totalphenolgehalt war mit der Vitalität ($r^2 = 0.19^{**}$) und Brotvolumen ($r^2 = 0.08^*$) korreliert. Die Beziehung ist sichtbar von der Tabelle, wo sind Durchschnittswerte von 13 oder 14 Proben angegeben, geordnet nach dem Phenolgehalt.

Tab. 1: Durchschnittswerte von Phenolgehalt von 13 oder 14 Proben mit entsprechenden Werten der Kornvitalität und Brotvolumen

Durchschnittliches		
Polyphenolgehalt (mg.kg-1)	Kornvitalität (%)	Brotvolumen (ml)
1377	79	1725
1630	86	1846
1770	90	1767
1869	92	1898

Von der Tabelle ist positive Korrelation von Vitalität mit Phenolgehalt, und nicht so klare Korrelation auch mit Brotvolumen ersichtlich, was die oben genannten Korrelationskoeffizienten dokumentieren. Sie sind nicht hoch, weil die Vitalität und Brotvolumen QTLs gesteuerte Merkmale sind und deshalb kann man nicht enge genetische Korrelation erwarten.

Das größte Brotvolumen brachte Korn mit 80-90% Vitalität. Aber die besten Bäckersorten (E und A) hatten größte Volumen von Korn mit 90-95% Vitalität. Eine niedrigere wie auch eine höhere Vitalität ergab in beiden Fällen ein kleineres Brotvolumen, als von folgender Abbildung ersichtlich ist.



Der offizielle Keimfähigkeitstest war nicht signifikant mit der Vitalität und auch nicht mit den Parametern der Brotqualität korreliert.

Die Forschung wurde durch Projekt MSM6215648905 finanziert.

Literatur

Chloupek O., Hrstkova P., Jurecka D. 2003: Tolerance of barley seed germination to cold- and drought-stress expressed as seed vigour. *Plant Breeding* 122: 199-203

Acrylamid-Bildungspotenzial ökologisch erzeugter Weizen- Dinkel- und Roggensorten

F. Stockmann, B. Mast, S. Graeff & W. Claupein

Einleitung

Der als wahrscheinlich kanzerogen geltende Stoff Acrylamid (AA) entsteht bei der starken Erhitzung kohlenhydratreicher Lebensmittel bei der Reaktion der Aminosäure Asparagin (Asn) mit reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillardreaktion (Stadler et al., 2002). Bisher bestehen zwei Möglichkeiten auf die entstehenden AA-Gehalte einzuwirken. Zum einen pflanzenbaulich, durch den Anbau auf dem Feld und zum anderen lebensmitteltechnologisch bei der Verarbeitung der Rohstoffe. Hierbei zeigten sich erste Erfolge, AA zu senken, durch Veränderungen im Herstellungsprozess z. B. Reduzierung der Backtemperatur oder Rezeptmodifizierungen. Aufgrund der oft unerwünschten Auswirkungen dieser technologischen Maßnahmen auf Geschmack, Konsistenz oder Farbe der Endprodukte, sind diese Möglichkeiten jedoch begrenzt. Daher wird ein zusätzlicher Weg in der Senkung der Vorstufen von AA durch pflanzenbauliche Maßnahmen gesehen. Das AA-Bildungspotenzial von Getreide ist dabei vom Gehalt der Aminosäure Asn abhängig. Aus bisherigen Studien von Weber (2007), bei konventionell angebautem Getreide, ist bekannt, dass Roggen einen höheren Gehalt der kritischen Vorstufe Asn enthält und somit ein höheres AA-Bildungspotenzial aufweist als Weizen und Dinkel. Auch lassen sich innerhalb einer Getreideart Sorten finden, die geringe Gehalte an freiem Asn aufweisen, so dass durch eine entsprechende Sortenwahl das AA-Bildungspotenzial gesenkt werden kann. Ob sich diese Ergebnisse besonders die Arten- und Sortenunterschiede sowie die Beziehung von Asn und AA, auch in ökologisch erzeugtem Getreide zeigen ist bislang noch ungeklärt und war Ziel dieser Untersuchung.

Material und Methoden

Als Probenmaterial dienten zweijährige Arten- und Sortenversuche des Beratungsdienstes Ökologischer Landbau Schwäbisch Hall e.V. Diese wurden auf Ertrag, Qualitätsparameter, freies Asn (HPLC-Fluoreszenz) und die AA-Bildung (LC-MS-MS) analysiert. Tabelle 1 gibt Aufschluss über das Probenmaterial und den Standort.

Tab. 1: Probenmaterial und Standortbedingungen

Standort	Demeter Betrieb Hannemann Kirchberg-Dörrmenz, Dtschl., 440 m ü NN	
Versuchsjahr	2005/2006	2006/2007
Bodenart:	toniger Lehm	
Bodentyp:	Braunerde	
Ackerzahl:	55	45
Niederschlag:	518 mm	747 mm
Temperatur:	7,5 °C	9,8 °C
Vorfrucht:	Silomais	
Nmin	44 kg N ha ⁻¹ (22.02.06)	21 kg N ha ⁻¹ (08.03.07)
Düngung	25 m ³ Gülle ha ⁻¹ (25.04.06)	je 20 m ³ Gülle ha ⁻¹ (31.03.+ 09.04.07)
Hornmist, -kiesel	Als Biologisch-Dynamische Präparate	
Proben:	39 Winterweizen (Qualitätsstufen: E, A), 11 Winterdinkel, 7 Winterroggen	33 Winterweizen (Qualitätsstufen: E, A), 13 Winterdinkel, 5 Winterroggen

Ergebnisse und Diskussion

Ähnlich wie bei konventionellen Proben von Weber (2007) zeigte Roggen mit 35,9 mg 100 g⁻¹ TS (Tab. 2) die signifikant höchsten Asn-Gehalte. Weizen (Ø 8,5 mg 100 g⁻¹ TS) und Dinkel (Ø 6,9 mg 100 g⁻¹ TS) lagen etwa gleichauf (nicht dargestellt). Hier konnten scheinbare aber keine signifikanten Differenzen festgestellt werden. Durch hohe Schwankungen innerhalb der Weizen- und Dinkelsorten (Tab. 2) wurde jedoch ersichtlich, dass Sorteneinflüsse vorhanden waren, was eine Auswahl von Sorten mit geringen Asn-Gehalten möglich macht. Einzig bei Roggen scheinen Sortenunterschiede keinen Einfluss gehabt zu haben, dafür konnten signifikante Unterschiede im Vergleich der Jahre analysiert werden, was auf Klimaeinflüsse hindeutet.

Tab. 2: Schwankungen der Asparagingehalte [mg 100 g⁻¹ TS] von Weizen, Dinkel und Roggen in Abhängigkeit der Jahre 2006 und 2007. Werte mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander ($\alpha < 0,05$).

Getreideart	Jahr	Minimum	Maximum
Weizen	2006	4,95 ^a	13,6 ^b
	2007	4,6 ^a	17,4 ^b
Dinkel	2006	3,1 ^a	13,3 ^c
	2007	4 ^a	8,8 ^b
Roggen	2006	31,3 ^b	35,9 ^b
	2007	22,7 ^a	28,9 ^a

Eine enge Beziehung ($R^2=0,77^{***}$) zwischen dem Gehalt an Asn und dem sich daraus gebildeten AA zeigt Abb. 1. Somit kann es möglich sein auch für ökologisch erzeugtes Getreide das freie Asn als Indikator für eine AA-Bildung zu nutzen.

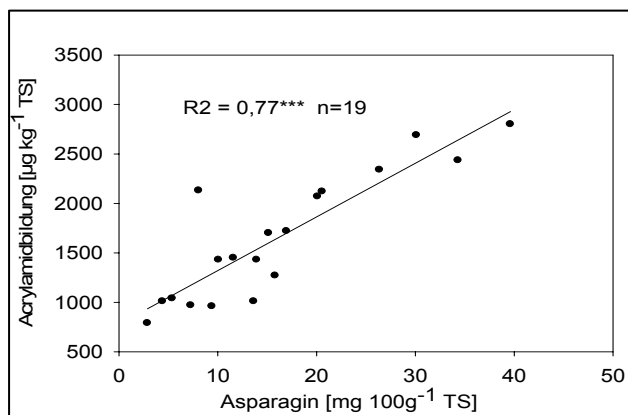


Abb. 1: Beziehung zwischen dem Asn-Gehalt und dem sich daraus gebildeten AA.

Zusammenfassend lässt sich festhalten:

- Arten- und Sortenunterschiede bestehen auch im ökologischen Landbau, somit ist eine Auswahl an Sorten mit geringeren Asn-Werten möglich.
- Roggen zeigte die signifikant höchsten Asn- und AA-Gehalte.
- Es bestand eine enge Korrelation zwischen Asn und AA, somit kann Asn als Indikator für eine AA-Bildung gesehen werden.

Literatur

- Weber E. A., (2007): Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut. Dissertation, Universität Hohenheim.
- Stadler, R. H.; Blank, I.; Varga, N.; Robert, F.; Hau, J.; Guy, P. A.; Robert, M. C.; Riediker, S. (2002): Acrylamide from Maillard reaction products. *Nature* 419: 449-450.

Acrylamidgehalt in Backmischungen konventioneller und ökologischer Herkunft

A. Rose, F. Stockmann*, S. Graeff* & W. Claupein*

Einleitung

Das für den Menschen als „wahrscheinlich krebserregend“ eingestufte Acrylamid (AA) entsteht, als ein geklärter Bildungsweg, in hoch erhitzten Lebensmitteln aus der Aminosäure Asparagin (Asn) und reduzierenden Zuckern im Rahmen der Maillard-Reaktion. Die Aufnahme von AA durch den Menschen erfolgt hauptsächlich über Kartoffel- und Getreideprodukte, aber auch über Tabakrauch können hohe Mengen an AA aufgenommen werden. Da im Getreidekorn die beiden Acrylamidvorstufen Asn und reduzierende Zucker enthalten sind, können Getreideprodukte große Mengen an AA aufweisen. Für die AA-Bildung spielt dabei, neben den für die Produkte verwendeten Getreiderohstoffen, die Herstellungs- und Zubereitungstemperatur eine große Rolle. Durch hohe Temperaturen wird die AA-Bildung gefördert. Dies kann vor allem in der Kruste von Broten zu hohen Acrylamidgehalten führen.

Das Ziel der Studie war zu untersuchen, wie hoch der Gehalt an AA in aus Brotbackmischungen hergestellten Broten ist und ob sich Biobackmischungen im AA-Gehalt von anderen Backmischungen unterscheiden. Außerdem sollte der Einfluss des Asn-Gehaltes in den Backmischungen auf die AA-Bildung untersucht werden.

Material und Methoden

Verschiedene Brotbackmischungen aus unterschiedlichen Preisklassen wurden für die Analysen als Probenmaterial eingesetzt. Diese Mischungen waren in drei verschiedene Gruppen einzuteilen (Roggenbrote, Roggenmischbrote, Weißbrote). In jeder der drei Gruppen wurde eine auf ökologische Weise produzierte Backmischung untersucht. Die anderen Backmischungen entstammten dem konventionellen Landbau. In den Backmischungen wurde der Gehalt an reduzierenden Zuckern nach „Luff-Schoorl“ (Matissek et al., 1992) ermittelt. Die Asparaginbestimmung erfolgte nach der Aufbereitung der Proben mittels HPLC-Fluoreszenz. Für die Bestimmung des AA-Gehalts wurden die Krusten, der auf einem handelsüblichen Brotbackautomaten (Marke: Primera BMW-2011 AE, Siemens) ausgebackenen Brote, homogenisiert mit bidest. Wasser versetzt und in einem Ultraschallbad gegeben. Nach Fällung mit Carrez I & II und Filtration wurde über eine Festphasenextraktion weiter gereinigt. Die Analyse dieses Extraktes erfolgte über LC-MS-MS, wobei es sich um ein Verfahren zum Nachweis und zur quantitativen Bestimmung von AA mit HPLC-MS/MS in verschiedenen Matrizen handelt.

Ergebnisse und Diskussion

In den Backmischungen wurde Asn mit einer Menge von durchschnittlich 22 mg 100g⁻¹ Trockensubstanz (TS) nachgewiesen (Abb. 1). Dabei variierten die Werte zwischen 11,1 und 34,1 mg 100 g⁻¹ TS. Im Vergleich zu allen anderen Backmischungen lagen die, in den Biobackmischungen ermittelten Asn-Gehalte, im mittleren Bereich. Die unterschiedlichen Asn-Werte waren hauptsächlich durch den Roggenmehlanteil in den Backmischungen zu erklären ($R^2 = 0,87^*$, nicht dargestellt). Die Zuckeranalyse ergab einen durchschnittliche Gehalt an reduzierenden Zuckern von 1833,2 mg 100 g⁻¹ TS (nicht dargestellt). Dabei lagen der geringste Wert bei 639,5 mg 100 g⁻¹ TS und der höchste Wert bei 3387,4 mg 100 g⁻¹ TS. In den aus den Backmischungen

* Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland, Fruwirthstr. 23, 70599 Stuttgart

hergestellten Broten wurden nur geringe Mengen an AA (Abb. 2) nachgewiesen. Die in den Krusten enthaltene Menge variierte zwischen $5,3 \mu\text{g kg}^{-1}$ und $35,3 \mu\text{g kg}^{-1}$. Im Durchschnitt enthielten die Brotkrusten $17,9 \mu\text{g kg}^{-1}$ AA.

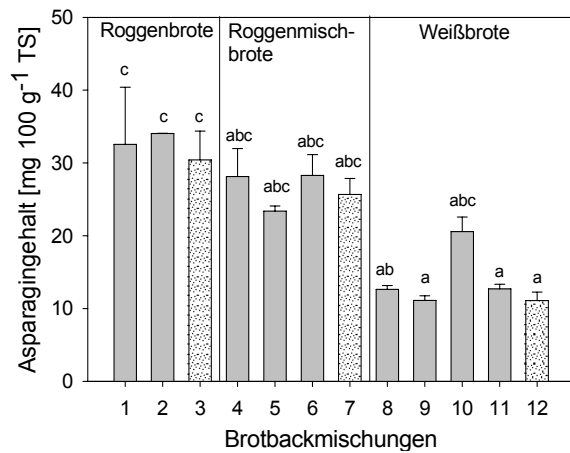


Abb. 1: Asparaginegehalt [mg 100 g⁻¹ TS] in den Mehlen der Brotbackmischungen. Balken mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha < 0,05$, Tukey-Test).

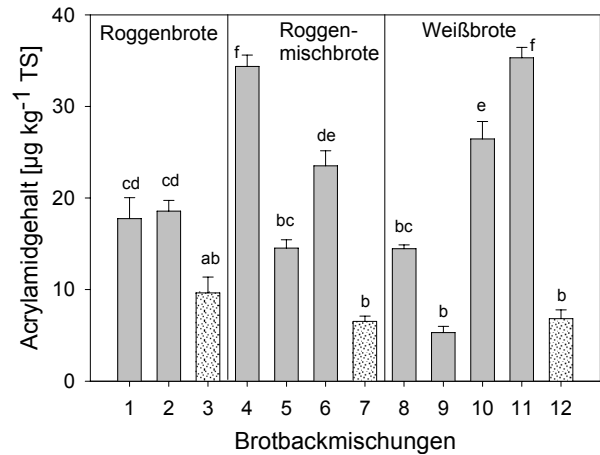


Abb. 2: Acrylamidgehalt [$\mu\text{g kg}^{-1}$ TS] in den Krusten der gebackenen Brote. Balken mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant ($\alpha < 0,05$, Tukey-Test).

Die ausgebackenen Brote aus den Biobackmischungen enthielten im Vergleich zu den konventionellen Broten ($\bar{21,1} \mu\text{g kg}^{-1}$) mit durchschnittlich $7,5 \mu\text{g kg}^{-1}$ signifikant weniger AA.

In Betrachtung der Korrelationen wies die Gruppe Roggenbrot mit $R^2=0,73^{n.s}$ und die Gruppe Roggenmischbrot mit $R^2=0,48^{n.s}$ einen scheinbaren Zusammenhang des Asn-Gehalts mit dem AA-Gehalt auf, was sich aber über alle Gruppen hinweg nicht bestätigte ($R^2=0,017^{n.s}$). Daher ist Asn nur bedingt als Vorstufe von AA zu betrachten. Dies wird dadurch bekräftigt, dass sich in den Weißbrotmischungen, die allgemein niedrigere Asn-Gehalte hatten, teilweise signifikant mehr AA bildete. Auch die Gehalte an reduzierenden Zuckern zeigten keinen Zusammenhang zu dem entstandenen AA ($R^2=0,006^{n.s}$). Daher scheint es, dass andere Inhaltsstoffe oder Rezeptbestandteile wie z. B. die Backtriebmittel „Glucono-delta-lacton“ und „Natriumhydrogencarbonat“ Einfluss auf eine AA-Bildung haben.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass insgesamt nur geringe Mengen an AA in den Brotkrusten nachgewiesen werden konnten. Ferner zeigten die Bio-Mischungen signifikant geringere Gehalte an AA. Zwischen dem Asn-Gehalt, sowie den reduzierenden Zuckern in den Backmischungen und dem sich beim Backen gebildeten AA bestand nur ein scheinbarer Zusammenhang. Schlussfolgernd kann angenommen werden, dass sich weitere Rezeptbestandteile auf eine AA-Bildung auswirken, was in weiteren Untersuchungen analysiert werden muss.

Literatur

- Haase N.U., (2003): Acrylamid in Lebensmitteln. Sachstandsbericht.
 Matissek, R.; Schnepel, F.-M. & Steiner, G., (1992): Lebensmittelanalytik. Springer, Berlin, 2. Auflage.
 Weber E. A., (2007): Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduktion von Acrylamidvorstufen im Korngut. Dissertation, Universität Hohenheim

Acrylamid-Bildung von gepopptem Amaranth und Quinoa

F. Stockmann, E. Hegmann, S. Graeff & C. Wilhelm

Einleitung

Acrylamid (AA) wird innerhalb der Maillardreaktion aus den Vorstufen freies Asparagin (Asn) und reduzierende Zucker gebildet (Mottram et al., 2002). Im Hauptfokus der Forschung standen bisher Kartoffeln und Getreide, welches vielfältige Studien bzgl. Einfluss der Art, der Sorte und der N-Düngung zeigten. Pseudogetreidearten wie Amaranth und Quinoa, die eine weitere Quelle für die Bildung von AA in Lebensmitteln sein können, sind jedoch bisher nicht weiter berücksichtigt worden. Bedenkt man aber die Zusammensetzung der Inhaltsstoffe, vor allem den hohen Rohproteingehalt (14-18 %) und die Verarbeitung der Körner, muss auch hier eine AA-Belastung von Amaranth- und Quinoaprodukten (z. B. gepoppte oder geröstete Körner in Müsli oder Gebäck), angenommen werden. Ähnlich wie bei Getreide werden bei der Verarbeitung der Pseudogetreide bspw. Poppen der Körner und für die Erzeugung von Gebäcken, hohe Temperaturen eingesetzt. Kombiniert mit einem hohen Gehalt an Rohprotein sind somit günstige Voraussetzungen für eine AA-Bildung gegeben. Durch hohe Konzentrationen an essentiellen Aminosäuren z. B. Lysin und ihre Glutenfreiheit werden Produkte aus Amaranth und Quinoa immer interessanter für die Lebensmittelindustrie und für Konsumenten mit Lebensmittelunverträglichkeiten oder Allergien. Daher erscheint es wichtig, die Pseudogetreide Amaranth und Quinoa auf ihr AA-Bildungspotenzial hin zu untersuchen. Ziel dieses Projektes war daher herauszufinden: a. unterscheiden sich Amaranth und Quinoa im AA-Gehalt, b. gibt es Sorteneinflüsse und c. bestätigen sich die Vorstufen.

Material und Methoden

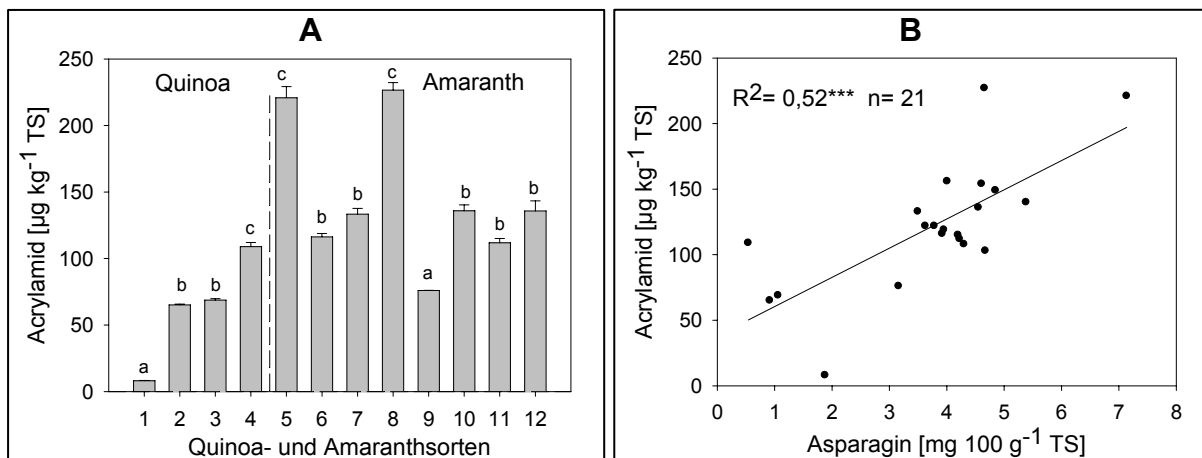
Drei Quinoa- (Altiplano Typ: Tango, 407, Sea-Level-Typ: Faro) und sechs Amaranthproben (*Amaranthus cruentus*: Amar, Bärnkraft, *A. hypochondriacus*: Neuer & Anderer Typ, K432, *A. hybridus*: Pastewny) aus Feldversuchen (Standortbedingungen siehe Tab. 1) sowie eine Quinoa- und zwei Amaranthproben aus dem Handel (Herkunft: Bolivien und Peru) wurden auf reduzierende Zucker, freies Asn und den AA-Gehalt untersucht. Für die AA-Analyse wurden die Körner in einem Ofen (415 – 425 °C) auf einer Metallplatte (190 °C) durch Kontakthitze ca. 10 s gepoppt, anschließend mit bidest. Wasser versetzt und in ein Ultraschallbad gegeben. Nach Fällung mit Carrez 1 & 2, Filtration und Reinigung über eine Festphasenextraktion wurde AA mittels LC-MS-MS gemessen. Die Bestimmung der red. Zucker erfolgte nach Luff-Schoorl (Matissek et al., 1992), das freie Asn über HPLC-Fluoreszenz.

Tab. 1: Standortbedingungen

Standort	Raasdorf (Österreich: 48°15'N, 16°37'E)	Ihinger Hof (Deutschl.: 48°44'N, 8°56'E)
Versuchsjahr	2004 und 2005	2003
Bodentyp:	Schwarzerde	Parabraunerde
Niederschlag: (Jahresmittel)	546 mm	693 mm
Temperatur: (Jahresmittel)	9,8 °C	8,1 °C
Nmin	163 kg N ha ⁻¹ (05.04), 166 (05.05) kg N ha ⁻¹	39,2 kg N ha ⁻¹ (04.03)
N-Düngung	-	Amaranth: 80 kg ha ⁻¹ ; Quinoa: 120 kg ha ⁻¹

Ergebnisse und Diskussion

Im Vergleich der beiden Pseudogetreide (nicht dargestellt) zeigte Amaranth mit $135,73 \mu\text{g kg}^{-1}$ TS signifikant höhere AA-Werte als Quinoa mit $62,75 \mu\text{g kg}^{-1}$ TS. Innerhalb der Arten (Abb. 1A) zeigten sich bei Quinoa mit einer Schwankungsbreite von $8,15 - 108,95 \mu\text{g kg}^{-1}$ TS und Amaranth $76,05 - 226,65 \mu\text{g kg}^{-1}$ TS signifikante Sortenunterschiede. Interessant war, dass sich aus relativ geringen Asn-Gehalten (nicht dargestellt) bei Amaranth und Quinoa (Mittel: $4 - 5 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ TS, dagegen Weizen: $10 - 15 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ TS), ähnliche AA-Gehalte bildeten. Die Werte waren mit Gebäcken oder Brötchen aus Getreide vergleichbar (Signalwertberechnung des Bundesamts für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit, 2008). Ein Zusammenhang zwischen Asn und AA (Abb. 1B) war erkennbar ($R^2=0,52^{***}$), doch schienen die höheren AA-Gehalte, im Vergleich zu den niedrigen Asn-Werten, ein Hinweis zu sein, dass weitere Faktoren eine AA-Bildung bedingen, was die mit Getreideprodukten vergleichbaren AA-Gehalte erklären könnte.



Abbildungen

1A: Vergleich des AA-Gehalts der Amaranth- und Quinoasorten. Gleiche Buchstaben (innerhalb der Arten) unterscheiden sich nicht signifikant ($p < 0,05$, Tukey Test).

1B: Beziehung zwischen dem Asn-Gehalt und dem sich gebildeten AA ($p < 0,001$).

Zusammenfassend wurde festgestellt, dass auch bei gepoppten Amaranth und Quinoa AA vorhanden ist, wobei Amaranth signifikant höhere Gehalte bildete. Im Vergleich zu Getreideprodukten (z. B. Brötchen und Gebäcken) wiesen sie ähnliche AA-Gehalte auf, allerdings bei deutlich geringeren Asn-Werten. Somit scheinen bei den Pseudogetreiden weitere Einflussgrößen an einer AA Bildung beteiligt zu sein. Dennoch bestanden bei beiden Arten Sorteneinflüsse im Asn-Level, was eine Auswahl von Sorten mit geringeren Asn-Anteilen möglich erscheinen lässt.

Literatur

Matissek, R.; Schnepel, F.-M. & Steiner, G., (1992): Lebensmittelanalytik. Springer, Berlin, 2. Auflage.
 Mottram, D. S., Wedzicha, B. L. & Dodson, A. T., (2002): Acrylamide is formed in the Maillard reaction. Nature 419, 448-449.

Genotyp-Umwelt-Interaktionen bei qualitätsrelevanten Merkmalen charakteristischer Sortentypen des Deutschen Weidelgrases (*Lolium perenne* L.)

J. Müller*, L. Dittmann*, C. Berendonk**, C. Kalzendorf*** & E. Techow****

Einleitung

Kenntnisse über Genotyp-Umwelt-Interaktionen bei der Ausprägung futterbaulich relevanter Sortenmerkmale sind sowohl für den Futterpflanzenzüchter als auch für den Sortenanwender von Interesse. Während zur Umwelt- bzw. Standortspezifität der Ertragsbildung von Gräserzüchtungen etliche Untersuchungen vorliegen (Casler 1998), gibt es nur sehr wenige Informationen über die Ökostabilität von deren Qualitätsmerkmalen. Dies liegt nicht zuletzt an der starken Abhängigkeit der Qualitätsparameter vom ontogenetischen Entwicklungsstand der Sorten (Daniel *et al.*, 1981). Ein mehrjähriger und mehrortig von den Landwirtschaftskammern durchgeführter Sortenversuch mit der Art *Lolium perenne* L. bot Gelegenheit, die Wechselwirkung zwischen Prüfumwelt und Qualitätsmuster der Sorten zu untersuchen.

Material und Methoden

Das analysierte Sortenmaterial entstammt den Aufwüchsen eines dreijährig auf vier unterschiedlichen Standorten durchgeführten Vergleiches von charakteristischen Sortentypen (Tab. 1).

Tab. 1: Design des Sortentyp/Schnittregime-Vergleiches

Faktoren	Stufen des Faktors					
	Reifegruppe früh		Reifegruppe mittel		Reifegruppe spät	
Sortentyp / Ploidie	2n	4n	2n	4n	2n	4n
	Talpa	Anton	Fennema	Calibra	Sydney	Tivoli
Schnittregime	3 (jeweils frühe Siloreife einer jeden Reifegruppe für alle RG's)					
Orte	4 (Infeld, Schuby, Dollendorf, Eslohe, 3 Wdhg. je Standort)					
Prüfmerkmale	Ertrag TS XP, XF, XA, wKH, in-vitro-VD, Energiedichte					

Die Sortenpaare unterschiedlicher Ploidie wurden innerhalb einer jeden Reifegruppe nach Ähnlichkeit im Zeitpunkt des Ährenschiebens und im Ertragsverhalten ausgewählt.

Als Umwelt wurde die durch den Ort und das Versuchsjahr hervorgerufene Wirkungskombination angesehen. Die Wechselwirkung Genotyp (=Sortentyp) x Umwelt bei der Energiekonzentration des Primäraufwuchses ist zunächst varianzanalytisch untersucht worden (siehe Tab. 2).

Weitergehende biometrische Analysen bedienten sich der Varianzkomponenten und verschiedener multivariater Verfahren.

Ergebnisse und Diskussion

Es konnten signifikante Wechselwirkungen zwischen dem Sortentyp und der Prüfumwelt in der Ausprägung der Energiekonzentration des Primäraufwuchses von

* Universität Rostock, Inst. f. Management Ländl. Räume, Justus-von-Liebig-Weg 6 in 18059 Rostock

** Landwirtschaftskammer Nordrhein-Westfalen, Haus Riswick, Postfach 1854 in 47516 Kleve

*** Landwirtschaftskammer Niedersachsen, Mars-la-Tour-Str. 11 in 26121 Oldenburg

**** Landwirtschaftskammer Schleswig-Holstein, Am Kamp 9 in 24783 Osterrönfeld

Lolium perenne L. festgestellt werden. Allerdings erklärte diese Interaktion nur einen geringen Teil der Gesamtstreuung. Der Umwelteinfluß war hingegen recht groß (siehe Eta-Quadrat in Tab. 2) und führte trotz einheitlicher Schnittregime der Versuchsansteller zu einer deutlich standortgeprägten Ausbildung der Energiekonzentration der einzelnen Sorten (Abb. 1).

Tab. 2: Ergebnisse der Varianzanalyse für das Merkmal Energiekonzentration (Auszug)

Varianzursache	FG	MQ	Signifikanz ¹	Part. Eta-Quadrat
Sortentyp (S)	5	1.283	***	0,63
Schnittregime (R)	2	24.083	***	0,63
Umwelt (U)	11	10.403	***	0,79
S x R	10	0.145	***	0,08
S x U	55	0.068	***	0,18
R x U	22	1.313	***	0,64

¹⁾ n.s. – nicht signifikant; *** p<0,001; **p<0,01; *p<0,05

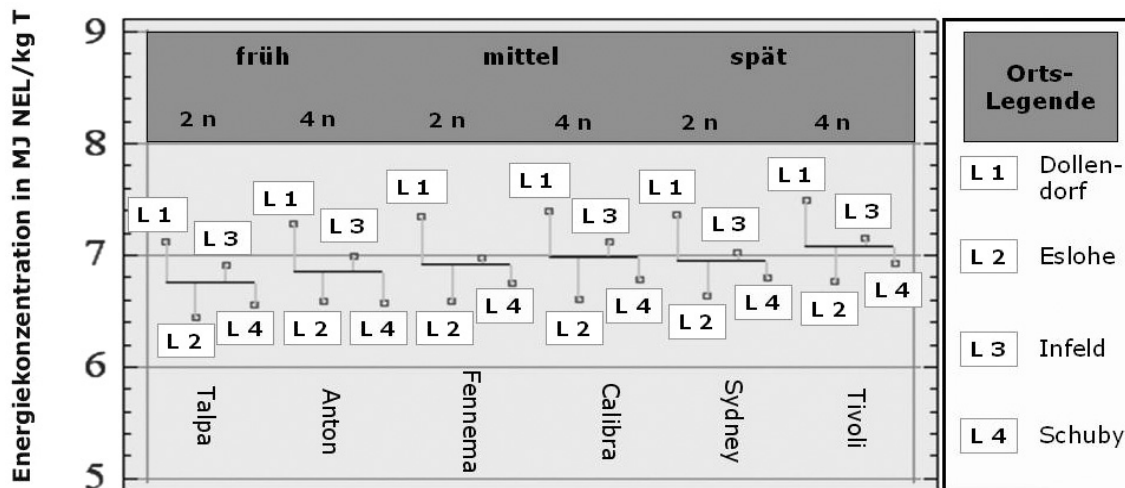


Abb. 1: 'Variance Component Plot' zur Veranschaulichung der lokalen Ausprägung der Energiekonzentration einzelner Sorten

Im vorliegenden Fall hätte die Sortenbeurteilung auf der Grundlage eines gut differenzierenden Standortes wie Dollendorf trotz signifikanter Genotyp-Umwelt-Wechselwirkung eine relativ gute Übereinstimmung mit der Merkmalsausprägung der anderen Standorte erbracht, was Erwägungen, den Aufwand der Qualitätsbeurteilung auf einen Standort zu konzentrieren, nicht grundsätzlich in Frage stellt.

Literatur

Casler, M.D. (1998): Breeding Cool-season Grasses. In: Cherney, J.H. and D.J.R. Cherney (ed.) Grass for Dairy Cattle. CAB International, Madison, p. 29-47.
 Daniel, P., Rotermund, M.L., Simon, U., Wermle, M. & Zimmer, E. (1981): Die in-vitro-Verdaulichkeit als Qualitätsmerkmal bei der Sortenbeurteilung von Futtergräsern. *Landbauforschung Völkenrode*, Sonderheft 59, 82 p.

Untersuchungen zur Gewinnung von Biomasse zur energetischen Verwertung aus Mais, Sonnenblumen und Sorghum

M.Gaudchau, A. Mahmood & B. Honermeier

Einleitung

Beim Anbau von Feldfrüchten zur Biomassegewinnung hat Mais gegenwärtig eine dominierende Stellung eingenommen. Dadurch stellt sich die Frage nach weiteren Pflanzenarten als Alternative zu Mais, wobei die Schnell- wie auch Massenwüchsigkeit eine entscheidende Rolle spielt. Unter diesen Prämissen bieten sich sowohl die Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) wie auch verschiedene Hirsearten (*Sorghum* ssp.) als Mischungspartner bzw. Alternative (Bömel & Jäger, 2007) an, die unter dem Aspekt zunehmender Sommertrockenheit künftig eine größere Bedeutung erlangen könnten.

Material und Methoden

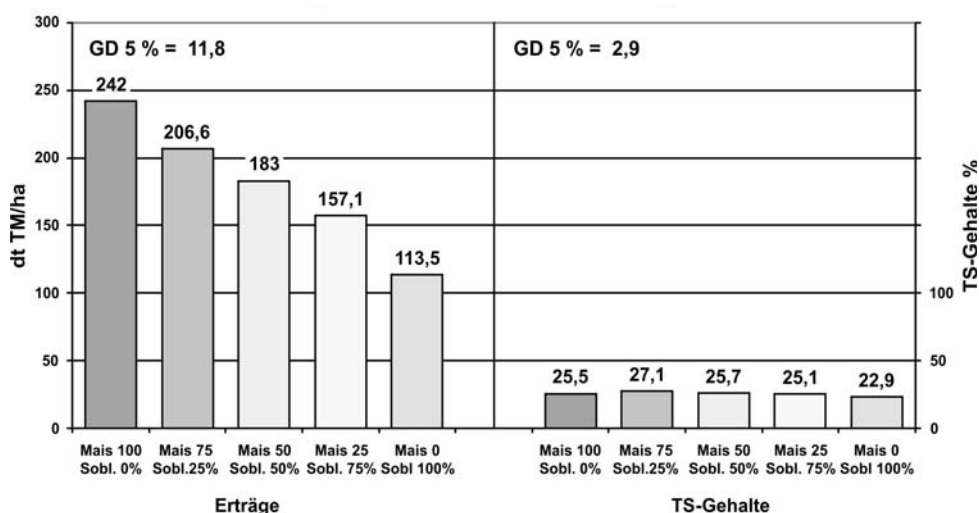
Am Standort Gießen (Bodenart uL, AZ 65) wurden im Jahr 2007 Versuche mit Mais (cv. „Franki“) und Sonnenblumen (cv. „Pegasol“) in unterschiedlichen Mischungsverhältnissen als einfaktorielle Blockanlage durchgeführt. Die Beerntung wurde in DC 73 des Maises vorgenommen, anschließend wurde das Erntegut einer NIRS-Analyse unterzogen. Am Standort Groß-Gerau erfolgten bei drei unterschiedlichen Aussaatterminen vergleichende Untersuchungen mit jeweils 2 Mais- und 2 Sorghumsorten (cvs. Mais „Tassilo“ bzw. „Amadeo“ cvs. Sorghum „Goliath“ bzw. „Bovital“). Hier beschränkten sich die Analysen auf die Ertragsbestimmung sowie die Trockensubstanzentwicklung.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ertragsbildung bei den Mais-Sonnenblumen-Mischungen sind in Abb. 1 dargestellt. Dabei zeigt sich die deutliche Ertragsüberlegenheit von Mais gegenüber der Sonnenblume, die im Reinanbau bei nahezu 130 dt/ha TM Unterschied liegt.

Gleichzeitig differieren die TS-Gehalte in den Varianten nur unwesentlich. Aus den NIRS-Analysen der verschiedenen Mischungen geht hervor, dass die Protein- und Fettgehalte mit zunehmendem Sonnenblumenanteil ansteigen, während beim Mais

Abb. 1:
Erträge und
Trocken-
substanzge-
halte von
Mais und
Sonnenblu-
men in
unterschied-
lichen Mi-
schungsver-
hältnissen,
Gießen
2007



* Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Ludwigstr. 23, D 35390 Gießen

insgesamt höhere Stärkegehalte zu verzeichnen sind.

Beim direkten Vergleich von Mais und Sorghum traten sortenspezifische Unterschiede auf (vgl. Abb. 2). Während „Bovital“ in allen Saatzeiten annähernd identische Erträge wie die Maissorten aufweist, fällt „Goliath“ im direkten Vergleich deutlich ab. Darüber hinaus führt jede Verspätung der Saatzeit zu teilweise signifikanten Ertrags-einbußen, weshalb für beide Pflanzenarten zur Nutzung als Energiepflanzen ein möglichst früher Saattermin anzustreben ist.

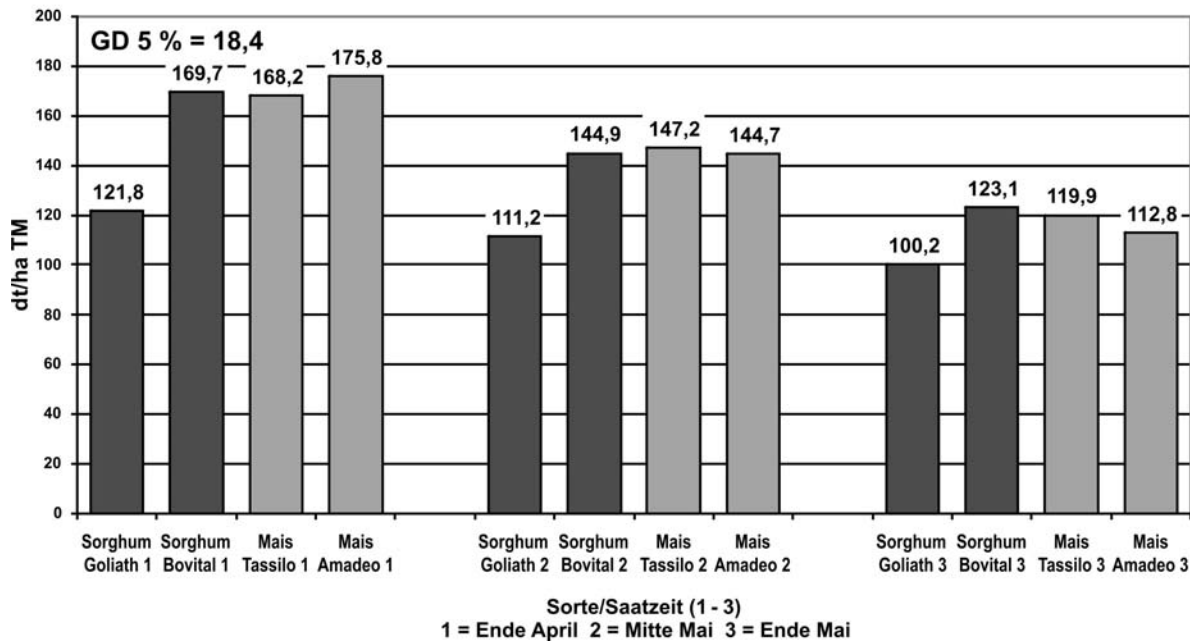


Abb. 2: Trockensubstanzbildung von Mais und Sorghum bei unterschiedlichen Saatzeiten, Groß-Gerau 2007

Insgesamt geht aus den vorliegenden Ergebnissen hervor, dass der Mais im direkten Vergleich mit der Sonnenblume seine herausragende Stellung als biogener Energieträger untermauert. Darüber hinaus zeigen die geprüften Sorghum-Sorten ein beachtliches Ertragspotential, welches Möglichkeiten zur Erweiterung von Energiepflanzen-Fruchtfolgen beinhaltet.

Literatur

Böhmel, C. und Jäger, F. (2007): Sorghum – eine Ergänzung zu Mais? Anbauhinweise und Möglichkeiten der Fruchtfolgegestaltung. Sonderdruck aus „Mais“ 4/2007, S. 1 - 6

Potentielle ökologische Konsequenzen der Biogasproduktion – Monitoring zu Substratanbau und Gärrestverwertung in Schleswig- Holstein

A. Herrmann, A. K. Mieke & F. Taube

Einleitung

Seit der EEG-Novelle im Jahr 2004 hat auch in Schleswig-Holstein (SH) die Anzahl Biogasanlagen stark zugenommen (Juni 08: ca. 153 Anlagen). Daraus resultieren regionale Veränderungen hinsichtlich der angebauten Kulturarten und der aufkommenden Menge an Wirtschaftsdüngern. Vor dem Hintergrund, dass die Biomasseproduktion zunehmend kritisch diskutiert wird hinsichtlich deren Effizienz zur Erreichung von Klimaschutzziele, Nachhaltigkeit und Flächenkonkurrenz, wurde ein Monitoring zur Situation der Biogasproduktion in SH durchgeführt, um potentielle ökologische Effekte bewerten zu können.

Material und Methoden

Die Studie basiert auf einer Erhebung von 59 Anlagen zu technischen Aspekten, Substratanbau, Bestandesmanagement und Gärrestverwertung (Anbaujahr 2006). Die Anlagen werden als repräsentativ hinsichtlich Verteilung, Größe und Management für den Gesamtanlagenbestand angesehen.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Biogasproduktion in SH ist eine heterogene Anlagenverteilung festzustellen mit „hot spots“ im nördlichen Landesteil auf leichten, sandigen Standorten der Geest (70% der befragten Futterbau- bzw. 49% der Ackerbaubetriebe in den Kreisen Nordfriesland und Schleswig-Flensburg), deren Grundwasserkörper nach WRRL als gefährdet eingestuft sind. Bezogen auf alle erfassten Anlagen ergab sich eine durchschnittliche Größe von 506 kW_{el.} (15-1.700 kW_{el.}) und eine Gesamtleistung von knapp 30.000 kW_{el.}. Was den Substrateinsatz betrifft, belegt das Monitoring, dass 77% der Anlagen Kofermentation betreiben. Der Gülleeinsatz (2-60 t kW_{el.}⁻¹ Jahr⁻¹) zeigt tendenziell eine Abnahme mit steigender Anlagengröße ebenso wie die Substratanbaufläche (0,42 ha kW_{el.}⁻¹ für Anlagen > 500 kW_{el.}, 0,48 ha kW_{el.}⁻¹ für Anlagen < 200 kW_{el.}). Damit wurden von den 59 befragten Anlagen ca. 12.500 ha Substratanbaufläche genutzt. Die Ergebnisse dokumentieren darüber hinaus eindrücklich eine Dominanz des Silomaises (11.829 ha Mais, 383 ha GPS-Getreide, 315 ha Grünland, zzgl. 6000 t Zukauf-Getreide). Die Bedeutung von Getreide wird vermutlich, aufgrund der gestiegenen Preise, noch weiter abgenommen haben. Der Einsatz von Grassilage war in der Regel auf die dritten bis fünften Schnitte beschränkt. Nur drei Betriebe bauten konkret Ackergras in der Fruchtfolge zur Biogasgewinnung an. Extrapoliert man die Daten auf das Anbaujahr 2007, so ist von einer Anbaufläche von ca. 30.600 ha (ca. 29.000 ha Mais = 4,8% der Ackerfläche) auszugehen, bei einer Gesamt-Maisanbaufläche 125.274 ha (ca. 20% der AF). Durch die Biogasproduktion verdrängt wurde vor allem Raps, gefolgt von Wintergetreidearten. Die Ausdehnung des Maisanbaus für die Biogasproduktion führt auch zu einem steigenden Maisanteil, der in Monokultur steht. Von 45 konventionell bewirtschafteten Be-

etrieben mit Biogasanlage wiesen 23 Betriebe keinen oder einen so geringen Getreideanteil auf, dass eine konkrete Fruchtfolge nicht zu realisieren war. Diese Entwicklung ist nicht nur im Hinblick auf die Biodiversität, sondern auch für den Humushaushalt kritisch zu beurteilen. So konnten Vertès et al. (2005) eine enge Beziehung zwischen dem Maisanteil von Gras-Mais-Fruchtfolgen und dem Verlust der organischen Bodenmasse dokumentieren. Die Menge der während der Fermentation entstehenden Gärreste wies eine große Variation zwischen den Betrieben auf. Mit zunehmender Anlagengröße nahm der Gärrestanfall je kW_{el.} signifikant ab - im Mittel entstehen 20 m³ Gärrest pro kW_{el.} und Jahr, bezogen auf die Substratanbaufläche bzw. auf die gesamte Betriebsfläche sind durchschnittliche Gärrestmengen von 56 m³ bzw. 37 m³ pro ha zu erwarten. Die Variation der Gärrestmengen und deren Inhaltsstoffe bedingen u.a. auch die große Streuung des Nährstoffaufkommens (Abb. 1). Ein nicht unerheblicher Anteil der Betriebe, insbesondere Futterbaubetriebe auf den sorptionsschwachen Geeststandorten, weisen eine sehr hohe Nährstoffversorgung aus Gärresten auf, was ein erhöhtes Nitratauswaschungsrisiko bedingt.

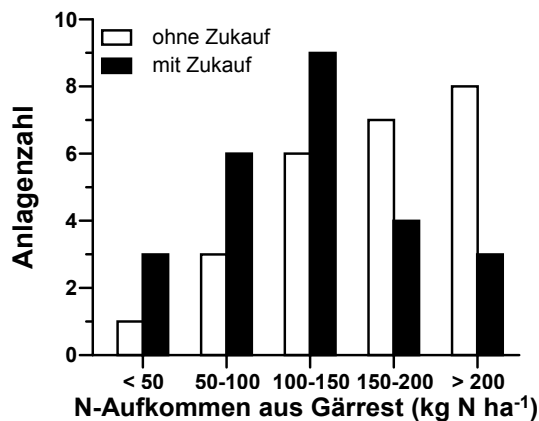


Abb. 1: Stickstoff-Aufkommen (kg ha⁻¹) aus Gärresten der erfassten Anlagen (n=25), berechnet für die Betriebsfläche (ohne Zukauf) bzw. Betriebsfläche incl. Substratzukauffläche (mit Zukauf).

Eine ähnliche Situation liegt für die Nährstoffversorgung der Maisbestände vor. Die Nährstoffversorgung von Mais erfolgt in Biogasbetrieben fast ausschließlich über Unterfußdüngung (20-60 N kg ha⁻¹ mineralisch) und darauf folgender Gärrestausrückführung, im Mittel 36 m³ pro ha. Im Durchschnitt der Betriebe erhält der Mais 145 kg N ha⁻¹ aus Gärrest bzw. 185 kg N ha⁻¹ Gesamt-N, was den Bedarf bei einem mittleren Ertrag von 140 dt TM ha⁻¹ doch deutlich übersteigt. Jedoch liegen sowohl nach oben als auch nach unten große Abweichungen vor (115–248 kg N ges). Die P-Zufuhr ist in Bezug auf die „Richtwerte zur Düngung“ mit durchschnittlich 103 kg P₂O₅ ha⁻¹ (65–210 kg ha⁻¹) als vergleichsweise hoch zu bewerten, während die K-Düngung im unteren Bereich

der Vergleichswerte liegt (Mittel 128 kg K₂O ha⁻¹; 75–264 kg K₂O ha⁻¹).

Schlussfolgernd bleibt festzuhalten, dass die Biogasproduktion in SH charakterisiert ist durch „hot spots“ in Wasserschutzgefährdeten Regionen, eine Dominanz von Mais, und einen nicht unerheblichen Anteil von Betrieben mit Nährstoffüberhängen. Dies birgt hohe Risiken im Hinblick auf N-Auswaschung, Humusabbau und Verlust an Biodiversität. Für die Zukunft gilt es daher, die vorhandenen Ressourcen noch effektiver einzusetzen, um die Biogasproduktion ökonomisch und ökologisch weiter zu optimieren.

Literatur

Vertès, F. et al. 2005. Long term effects of the length of the grass period in ley-arable rotations on the quality of soil organic matter. In: J.J. Schröder, J.J. Neeteson (Eds.), 14th N-Workshop, Vol. 116, 219-222. PRI Maastricht, NL

Auswirkungen einer verstärkten Produktionsausrichtung auf Biomassebereitstellung zur Energieerzeugung – Untersuchungen auf Basis von Praxisbetrieben

F. Reinicke & O. Christen

Einleitung

Um die aktuelle Klimaentwicklung abzuschwächen, ist die Einsparung fossiler Energie von herausragender Bedeutung. Die Staaten der Europäischen Union, wie auch die Bundesregierung, haben sich daher zu ambitionierten Zielen bezüglich des Anteils von regenerativen Energien an der gesamten Energieerzeugung verpflichtet. Große Erwartungen werden an einem potenziellen Beitrag des Landwirtschaftssektors über die Bereitstellung von Biomasse gestellt. Ein Großteil entsprechender Potenzialstudien basiert aber auf dem Ansatz, unter verschiedenen Rahmenbedingungen einen möglichen Flächenanteil mit einem Biomasse- bzw. Energieertrag zu verrechnen. Auswirkungen auf betriebliche Stoff- und Energieflüsse, die Einhaltung von Umwelt- und Sozialstandards unter realen Bewirtschaftungsbedingungen sowie Bedenken seitens des Naturschutzes zu Ausbreitung von Monokulturen spielen eine untergeordnete Rolle. Unter diesen Fokus bedarf es Untersuchungen auf der Einzelbetriebsebene.

Material und Methoden

Für die vorliegende Arbeit wurden 4 typische Praxisbetriebe aus unterschiedlichen Agrarregionen herangezogen. Bei der Vielfalt landwirtschaftlicher Betriebssysteme ist zwar die Anzahl für allgemeine Ableitungen kritisch zu werten, allerdings wurden bei der Auswahl grundlegende Eckpunkte so variiert, dass die Betriebe für die entsprechenden Standortverhältnisse als repräsentativ angesehen werden können. Sie stellen damit die bestimmenden Betriebstypen in der Biomasseproduktion dar. So finden zum einen klimatische Verhältnisse, wie die Niederschlagsmenge, und zum anderen die Bodenqualität Berücksichtigung.

Die Verwendung des Programms „REPRO“ ermöglicht die Bestimmung ausgewählter Nachhaltigkeitsindikatoren. Dazu wurden zunächst anhand von 3 Jahren (2004-2006) die IST-Situationen in den Praxisbetrieben dargestellt. Aus der Festlegung der Rahmenbedingung zu einem erweiterten Energiepflanzenanbau wurden zwei Basis-szenarien (BS) abgeleitet:

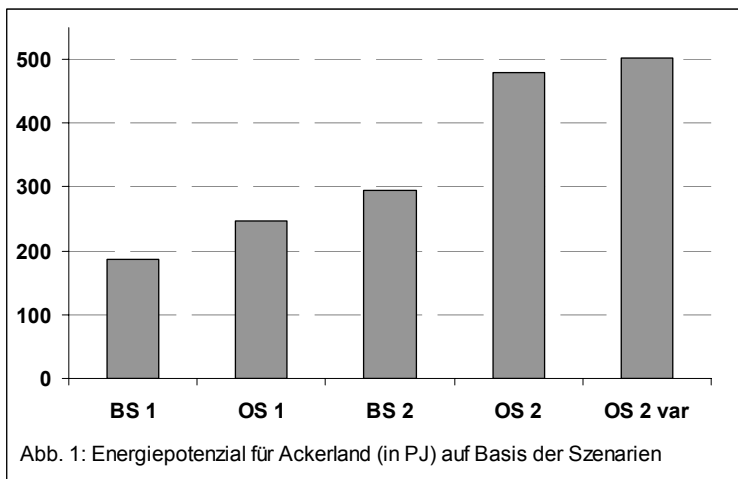
1. Nutzung aller derzeitigen freien Kapazitäten unter der Maßgabe, dass der Selbstversorgungsgrad mit Nahrungsmitteln auf 100 % gesetzt wird (einschl. der Nutzung von Stilllegung, Gülle und Stroh),
2. 20 % der gesamten Ackerfläche für Energiepflanzen (viele Studien verweisen auf 2-2,5 Mill. ha für Energiepflanzenanbau; bei etwa 12 Mill. ha Ackerland entspricht dies 17-20 %).

Nach einer entsprechenden Nachhaltigkeitsanalyse wurden diese einer Optimierung (OS) unterzogen (siehe Literatur).

Ergebnisse und Diskussion

Die Abschätzung des derzeitigen Flächenpotenzials im BS 1 ergibt im Mittel der Praxisbetriebe eine Flächengröße von 12,7 % des verfügbaren Ackerlandes. Durch Optimierung verringert sich der Anteil nur unwesentlich auf 11,8 %. Für die Praxisbetriebe erwies sich die Humusbilanz als bestimmender Nachhaltigkeitsindikator bei

der Umsetzung der Szenarien. Im IST-Zustand bestand im Mittel auf den Ackerflächen ein Defizit von 60 kg C/ha. Werden in den Betrieben freie Ressourcen für eine möglichst hohe Erzeugung von Bioenergie genutzt, verdoppelt sich fast der Kohlenstoffabbau im Boden und führt langfristig zur Unterversorgung mit organischer Bodensubstanz. Die pauschale Festlegung auf 20 % der Ackerfläche ertragreiche Energiepflanzen anzubauen steigerte den Humusverlust nochmals auf -135 kg C/ha. Die Optimalszenarien zeigten, dass das breite Spektrum an potenziellen Energiepflanzen (Humusmehrern) eine Biomassebereitstellung bei ausgeglichenen Humussaldo erlaubt, wenn nicht auf höchste Energieausbeute pro Fläche gezielt wird. Allerdings muss aus Sicht der aktuellen Bewirtschaftung betriebsspezifisch mit dem Einsatz von Sekundärrohstoffdüngern ein bestehender Humusbedarf gedeckt werden. Der Stickstoffsaldo wurde in erster Linie vom aktuellen Management bestimmt. Stimmen Einsatz und Entzug überein, so ändert sich auch bei einem erweiterten Energiepflanzenanbau der Saldo kaum. Sind dagegen bereits erhöhte N-Überhänge zu verzeichnen, verschärft sich die Gesamtsituation durch die Bewirtschaftung ehemaliger Stilllegungsflächen zusätzlich. Erosionsgefahr muss ebenfalls in der aktuellen Bewirtschaftung durch entsprechende Verfahrensgestaltung entgegen gewirkt werden. Hier bietet der Energiepflanzenanbau, durch z.B. Zweinutzungssysteme, Chancen zur Verbesserung der Situation. Auch der Phosphorsaldo und die Pflanzenschutzintensität waren von den aktuellen Handlungsstrategien der Bewirtschafteter geprägt. Entscheidend für die Auswirkungen auf die Biodiversität war die Bewirtschaftung bisheriger Stilllegungsflächen. Dieser Verlust der Rückzugsgebiete für viele Lebewesen im Agrarökosystem ist nur schwer auszugleichen. Zusätzlich ist parallel dazu eine Intensivierung des Produktionssystems zu verzeichnen. Die berechneten Energiepotenziale lagen trotz der Auswahl leistungsstarker Betriebe deutlich unter den Angaben vieler Studien. Optimierung für einen nachhaltigen Anbau bedeutet nicht zwangsläufig Verzicht auf Energieertrag. Besonders die gezielte Nutzung von Stroh, in Verbindung mit entsprechendem Anbau von Humusmehrern, wie Acker-/Klee gras ermöglichen eine hohe Biomassebereitstellung und gleichzeitig die Beibehaltung bzw. Verbesserung der ökologischen Situation im Agrarraum.



Abbau bedeutet nicht zwangsläufig Verzicht auf Energieertrag. Besonders die gezielte Nutzung von Stroh, in Verbindung mit entsprechendem Anbau von Humusmehrern, wie Acker-/Klee gras ermöglichen eine hohe Biomassebereitstellung und gleichzeitig die Beibehaltung bzw. Verbesserung der ökologischen Situation im Agrarraum.

Literatur

Reinicke, F.; Heinrich, J.; Steininger, M.; Wagner, B.; 2008: Auswirkungen einer verstärkten Produktionsausrichtung zur Biomasseerzeugung im Betriebsablauf landwirtschaftlicher Unternehmen auf ökologische und ökonomische Kennziffern – Ergebnisse von Modellierungen in Praxisbetrieben. Schriftenreihe des Institutes für Landwirtschaft und Umwelt (ilu, Hrsg), Heft 17, Bonn.

Gärprodukte aus der Biogaszeugung als Träger natürlicher Wachstumsregulatoren

K. Sensel & F. Ellmer*

Einleitung

Der Biogasprozess stellt eine Kaskade mikrobiell gesteuerter Abbauvorgänge dar, in deren Verlauf organische Substanz weitgehend mineralisiert wird und Methan als gasförmiger Energieträger entsteht. Die dabei verbleibenden Fermentationsreste (Gärprodukte) werden im Sinne einer nachhaltigen Kreislaufwirtschaft, aber auch vor dem Hintergrund der Preisentwicklung für Mineraldünger pflanzenbaulich verwertet. Diese Gärprodukte (GP) enthalten neben Pflanzennährstoffen noch eine Vielzahl an Sekundärmetaboliten des mikrobiellen Stoffwechsels, deren Einfluss auf Pflanzenwachstum und -entwicklung bisher nur vereinzelt untersucht wurde. Positive Effekte sind auf das Vorhandensein biologisch aktiver Komponenten zurückzuführen, welche die Pflanzenentwicklung direkt oder indirekt unterstützen.

Für das Phytohormon Indol-3-Essigsäure (IES) aus der Gruppe der Auxine ist bekannt, dass es eine wichtige regulative Rolle in vielen Entwicklungsprozessen der Pflanze spielt (z. B. Wurzel- und Streckungswachstum). Diese Substanz wird nicht nur in der Pflanze gebildet, sondern auch von Bakterien in verschiedenen Ökosystemen. Am Beispiel des Auxins IES wurde untersucht, ob Gärprodukte aus Biogasanlagen Träger von natürlichen, biologisch aktiven Pflanzenwachstumsregulatoren sein können, die aus dem mikrobiellen Stoffwechsel stammen.

Material und Methoden

An drei verschiedenen Gärprodukten aus der Mono- und Kofermentation von Energiepflanzen (GP A, B bzw. GP C) wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- (1) Untersuchungen auf das Vorhandensein von freier IES (biologisch aktive Form) mittels GC/MS-MS.
- (2) Inkubationsversuche zur Ermittlung der Fähigkeit von Mikroorganismen aus Biogasprozessen zur Bildung von IES.
 - a. Zugabe des Prekursors Tryptophan (Trp) und in Kombination mit Glucose (Glc) bei 38°C (t = 24 h)
 - b. Zugabe des Prekursors Tryptophan (Trp) und in Kombination mit Glucose (Glc) bei 38°C (t = 120 h) mit Probenahmen bei 24, 48, 72 und 120 h.
- (3) Untersuchungen zur auxin-analogen Aktivität von Gärprodukten anhand von Bioassays zur Förderung der Adventivwurzelbildung an Hypokotylen 10 Tage alter Mungbohnenkeimlinge *Vigna radiata* L..

Ergebnisse und Diskussion

- (1) In den Gärmedien aus den verschiedenen Prozessstufen aller drei Anlagen wurden IES-Konzentrationen von 2 bis 11 mg*kg⁻¹ TS gemessen. Der geringste Gehalt wurde in den Endlagern der Biogasanlagen ermittelt.

(2) In allen drei Gärprodukten wurde durch die Zugabe von Trp freie und somit biologisch aktive IES nach 24 h gebildet. Der Zusatz der leicht verwertbaren C-Quelle Glc bewirkt eine erhöhte IES-Bildung in allen drei Gärprodukten.

Tab 1: IES-Konzentration nach Zugabe von Trp ($0,4 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) und Glc ($4,0 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$) zu den Gärprodukten der Anlagen A, B und C; $t = 24 \text{ h}$ (GP A, B und C) sowie $t = 120 \text{ h}$ (GP A) im Inkubationsversuch bei $38 \text{ }^\circ\text{C}$

Inkubationszeit t [h]		0	24	48	72	120
		c[IES] $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ FM				
GP A	Kontrolle	0,06	0,14	0,13	0,08	0,03
	Trp		39,8	52,8	44,0	5,5
	Trp + Gluc		47,1	92,9	80,0	9,1
GP B	Kontrolle	0,20	0,10			
	Trp		47,5			
	Trp + Gluc		78,2			
GP C	Kontrolle	0,09	0,08			
	Trp		37,6			
	Trp + Gluc		53,2			

Der zeitabhängige Versuch zur IES-Bildung mit einem ausgewählten Gärprodukt A über 120 h zeigt ein Konzentrationsmaximum an freier IES nach 48 h für beide Varianten (Trp, Trp+Glc). Nach 48 h sinkt der Gehalt an freier IES. Mögliche Ursachen für eine Abnahme der IES-Konzentration nach 48 h sind Konjugationen mit Kohlenhydraten, Peptiden oder Aminosäuren und/oder ein mikrobieller Abbau von IES.

(3) Eine auxin-analoge Wirkung von wässrigen Extrakten von Gärprodukten (a) unverdünnt sowie b) 1:1 und c) 1:49 verdünnt) wurde anhand der Förderung der Adventivwurzelbildung von Mungbohnenkeimlingen *Vigna radiata* L. im Vergleich zur IES-Referenz (10^{-3} bis $10^{-7} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$) und zu einer Kontrolle (dest. Wasser) im Bioassay getestet. Eine Förderung der Adventivwurzelbildung wurde für zwei Gärprodukte GP A3 und GP B2 aus den Monofermentationsanlagen signifikant nachgewiesen (Duncan-Test; $\alpha = 0,05$).

Gärprodukte aus der Biogasferzeugung mit Energiepflanzen als Düngestoff im Pflanzenbau

V. Wragge & F. Ellmer

Einleitung

In Deutschland fallen jährlich mehrere Millionen Tonnen Gärprodukte aus etwa 3700 Biogasanlagen an. Mit deren Verwendung als Düngestoff im Pflanzenbau können betriebliche oder regionale Stoffkreisläufe geschlossen und somit ökologische Vorteile genutzt werden. Voraussetzung für ein entsprechendes pflanzenbauliches Management sind Kenntnisse der stofflichen Beschaffenheit sowie die zu erwartenden Effekte auf Boden und Pflanzen.

Material und Methoden

Feldversuche: Der Einsatz von Gärprodukten wurde 2007 in Parzellenfeldversuchen in Berlin-Dahlem untersucht. Der Boden an diesem Standort ist mittel schluffiger Sand, die Jahresdurchschnittstemperatur beträgt im langjährigen Mittel (1971-2000) 9,6 °C und die Niederschlagshöhe 540 mm.

Der Versuch war eine zweifaktorielle Spaltanlage mit den Faktoren Düngerart (drei Gärprodukte, ein mineralischer N-Dünger) und N-Aufwandmenge (0, 50, 100 und 150 kg ha⁻¹) in vier Wiederholungen. Geprüft wurden Sommerweizen „Picolo“ und Silomais „Lucas“ (Siloreifezahl 240). Einige Stoffkennwerte der getesteten Gärprodukte sind in Tab. 1 aufgeführt. Als mineralischer Stickstoffdünger wurde Kalkammonsalpeter (KAS) verwendet.

Tab. 1: Ausgewählte Stoffkennwerte der eingesetzten Gärprodukte (GP)

Parameter	Einheit	GP A	GP B	GP C
TS	[% FM]	7	8	5
oTS	[% TM]	79	74	72
N _{ges}	[% FM]	0,51	0,38	0,27
P _{ges}	[% FM]	0,07	0,07	0,05
K _{ges}	[% FM]	0,45	0,46	0,33

Bodenatmung: Zum Quantifizieren der bodenbiologischen Aktivität wurde die Bodenatmung im Feld gemessen (Environmental Gas Monitor EGM-4 mit Soil Respiration Chamber SRC-1 der Firma PP-Systems, Großbritannien). Die Bodenatmungskammer wurde hierfür auf fixe Messpunkte gesetzt und die CO₂-Anreicherung darin mittels Infrarotgasanalysator bestimmt. Je Variante wurde die Bodenatmung in zwei Wiederholungen an jeweils sieben Messpunkten bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Bodenatmung: Sowohl die Düngung mit Gärprodukt als auch mit Mineraldünger erhöhte die Bodenatmung etwa neun Wochen lang um 16 bis 44 % gegenüber der ungedüngten Kontrolle (Ergebnisse nicht dargestellt). Die Gärprodukt-Düngung verursachte jedoch für etwa zwei Tage nach der Ausbringung eine stärkere Zunahme um mehr als 120 % im Vergleich zur Kontrolle. Dies zeigt, dass die mit dem Gärprodukt ausgebrachte organische Substanz sehr schnell von Bodenmikroorganismen

umgesetzt wurde und die erhöhte Bodenatmung in den folgenden Wochen ein Resultat des mit den Düngern ausgebrachten Stickstoffs war.

Erträge: Die Erträge von Sommerweizen und Silomais in Abhängigkeit von der Düngung sowie die Ertragsverhältnisse zur ungedüngten Kontrolle und zur Mineraldüngervariante sind in Tab. 2 dargestellt.

Tab. 2: Erträge und Ertragsrelationen von Sommerweizen (Korn, 86 % TS) und Silomais (ganze Pflanze, TS) gedüngt mit 150 kg ha⁻¹ N aus verschiedenen Gärprodukten (GP) sowie Kalkammonsalpeter (KAS) im Jahr 2007

Parameter	Einheit	Sommerweizen				Silomais			
		GP A	GP B	GP C	KAS	GP A	GP B	GP C	KAS
Ertrag Kontrolle	dt ha ⁻¹	15				137			
Ertrag 150 kg ha ⁻¹ N	dt ha ⁻¹	21	21	22	26	176	153	166	216
Verhältnis zur Kontrolle	%	142	139	147	170	128	111	121	158
Verhältnis zum KAS	%	83	81	86	100	81	71	77	100

Mit den Gärprodukten wurden im Jahr 2007 Mineraldüngeräquivalente für N zwischen 71 und 86 erreicht. Somit ist eine weitgehende Substitution von Mineralstickstoffdünger möglich, die fruchtartspezifisch zu ergänzen ist.

Nährstoffbilanzen: Anhand der mit den Düngern zugeführten sowie der durch das Erntegut entzogenen Nährstoffmengen wurden einfache Nährstoffbilanzen für Stickstoff, Phosphor und Kalium berechnet (Tab. 3).

Tab. 3: Nährstoffbilanzen (kg ha⁻¹) für Sommerweizen (gedüngt mit 50 kg ha⁻¹ N) und Silomais (gedüngt mit 150 kg ha⁻¹ N) im Jahr 2007

Dünger	Sommerweizen			Silomais		
	N	P	K	N	P	K
GP A	+7	-1	+19	+6	-21	-66
GP B	+6	+1	+34	+1	-3	+10
GP C	+6	+2	+34	+7	-11	-30
Mineral-N	+1	+5	+14	-53	-3	-71

Infolge von Frühjahrstrockenheit war die N-Bilanz für Sommerweizen bereits bei einer Aufwandmenge von 50 kg ha⁻¹ ausgeglichen. Bei Silomais trat demgegenüber mit den Gärprodukten A und C Phosphor- und Kaliummangel ein. Diese Defizite müssen in den Fruchtfolgen mit mineralischer Düngung ausgeglichen werden.

Fruchtertrag sowie Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls von Anis (*Pimpinella anisum* L.) in Abhängigkeit von Saatzeit, Saatmenge und Sorte

F. Yan, E.-M. Beyer, A. Azizi & B. Honermeier

Einleitung

Anis (*Pimpinella anisum* L.) enthält einen relativ hohen Gehalt an ätherischem Öl mit spezifischer Zusammensetzung an Monoterpenen und besitzt somit eine gewisse Bedeutung für die Herstellung von Phytopharmaka und alkoholischen Getränken. Die Standortbedingungen in Mittelhessen sind für die Kultivierung der Anispflanze relativ gut geeignet. Ziel der Arbeit war die Optimierung des Anbaus von Anis hinsichtlich Saatzeit, Saatmenge und Sortenwahl. Dazu wurden in den Jahren 2005 und 2006 ein Feldversuch durchgeführt, in denen die Spätsaattoleranz und die Wirkung unterschiedlicher Bestandesdichten zweier Anis-Sorten hinsichtlich Drogenertrag und Drogenqualität unter Feldbedingungen in Mittelhessen geklärt werden sollten.

Material und Methoden

Am Standort Groß-Gerau wurde ein dreifaktorieller Feldversuch (10 m² pro Parzelle, 4 Wiederholungen) in den Jahren 2005 und 2006 durchgeführt. Die Prüffaktoren waren Saatzeit (2. Aprildekade, 2 Wochen später, 4 Wochen später), Aussaatmenge (1 g, 2 g, 3 g/10 m²) und Sorte (Nr. 903 und Nr. 904). Unmittelbar zur Aussaat der jeweiligen Saatzeitvariante wurden die Anisbestände mit 40 kg/ha N gedüngt. Die Unkrautbekämpfung erfolgte mit dem Herbizid Bandur (Aclonifen) im Voraufbau mit 3 L/ha. Der Feldversuch musste insgesamt mit 100 mm (in 4 Gaben je 20 mm) beregnet werden. Die Ernte der Anisbestände erfolgte saatzeitspezifisch Ende August bis Mitte September mit einem Parzellenmähdrescher. Die Analyse des ätherischen Öls erfolgte mit Wasserdampf-Destillation. Die Gehalte an *trans*-Anethol und Estragol wurden mit einem GC detektiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die Verzögerung der Aussaat von Anfang April auf Ende April bzw. Anfang Mai führte zu signifikanten und drastischen Abnahmen der Fruchterträge (s. Tab. 1). Interaktionen bestanden zwischen den geprüften Faktoren nicht. Die Reduktion der Fruchterträge ist z. T. auf eine Verminderung der Anzahl der Anisfrüchte pro Pflanze und z. T. auf eine Verminderung der Tausendfruchtmasse zurückzuführen. Darüber hinaus konnte eine Zunahme des Befalls mit Falschem Mehltau und eine Verringerung der TM-Gehalte der Früchte mit Verzögerung der Aussaat beobachtet werden. Wiederholt wurde eine signifikante Abnahme der Fruchtertrag durch die Erhöhung der Bestandesdichte beobachtet (s. Tab. 1). Die getesteten zwei Sorten unterschieden sich kaum in allen gemessenen Ertragsparametern.

Der Gehalt an ätherischem Öl lag im Jahr 2005 auf einem relativ hohen Niveau von über 3%. Bei verspäteten Saatterminen zeigte sich eine leichte Abnahme des Gehaltes an ätherischem Öl. Im Folgejahr 2006 war die Konzentration an ätherischem Öl etwas geringer. Spätsaat bewirkte hier eine Zunahme an ätherischem Öl. Hingegen war der Gehalt an ätherischem Öl sehr stark reduziert in den Anisfrüchten von erstem und zweitem Saattermin. Dieser niedrige Gehalt an

ätherischem Öl in den Saatzeiten 1 + 2 wurde verursacht durch einen starken Befall mit der Pilzkrankheit Falscher Mehltau, wodurch eine Verkürzung der Fruchtentwicklung (von Blühbeginn bis Vollreif) ausgelöst wurde.

Tab. 1. Einfluss der Saatzeit, Saatmenge und Sorte auf Fruchtertrag, Tausendfruchtmasse (TFM), Gehalt an ätherischem Öl und trans-Anethol-Gehalt von Anis im Feldversuch Groß-Gerau 2005 und 2006

SZ	BD	SO	Fruchtertrag	TFM	Äther. Öl	trans-Anethol
	-	-	(dt/ha)	(g)	(%)	(%)
Versuchsjahr 2005						
1	-	-	11,33 a	2,41 a	3,40 a	92,4 a
2	-	-	7,15 b	2,36 a	3,10 b	92,2 a
3	-	-	4,55 c	1,87 b	3,19 c	90,0 b
-	1	-	8,89 a	2,28 a	3,14 a	91,5 a
-	2	-	7,80 b	2,22 a	3,21 a	91,5 a
-	3	-	6,33 c	2,14 a	3,24 a	91,6 a
-	-	1	8,14 a	2,24 a	3,23 a	91,7 a
-	-	2	7,21 b	2,18 a	3,17 a	91,3 b
Versuchsjahr 2006						
1	-	-	7,19 a	2,06 a	2,28 a	95,0 a
2	-	-	3,35 b	1,92 b	2,35 a	95,8 a
3	-	-	2,92 c	1,93 b	3,23 b	95,3 a
-	1	-	5,02 a	1,98 ab	2,68 a	95,3 a
-	2	-	4,53 b	2,03 b	2,59 a	95,4 a
-	3	-	3,91 c	1,89 a	2,58 a	95,4 a
-	-	1	4,59 a	1,98 a	2,63 a	95,3 a
-	-	2	4,38 a	1,96 a	2,61 a	95,4 a

Legende: SZ: Saatzeit; BD: Bestandesdichte; SO: Sorte; TFM: Tausendfruchtmasse; Unterschiedliche Buchstaben hinter dem Mittelwert bedeuten signifikante Unterschiede zwischen den Prüfgliedern ($P < 0,05$, Tukey-Test).

Der Anteil an *trans*-Anethol im ätherischem Öl lag über 90% für alle Proben der zwei Versuchsjahre. Der Anteil an Estragol war mit etwa 0,30 bis 0,80 % sehr gering (Werte hier nicht dargestellt). Somit kann die Qualität der Anisdroge in beiden Versuchsjahren als gut bezeichnet werden. Es gab keine Sortenunterschiede hinsichtlich des Gehaltes an ätherischem Öl sowie des Anteils an *trans*-Anethol und Estragol. Insgesamt ist festzustellen, dass eine frühe Aussaat (Anfang April) von Anis unter den gegebenen Standortbedingungen eine wichtige Voraussetzung ist, um hohe Fruchterträge zu erreichen. Die Gehalte an ätherischem Öl scheinen jedoch stärker von den Witterungsbedingungen und vom Krankheitsbefall als vom Aussaattermin abhängig zu sein.

Proteinmuster und Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.) unter dem Einfluss unterschiedlicher Stickstoff- und Schwefeldüngung

T. Schäfer, K. Forchmann, K. H.Mühling* & B. Honermeier

Einleitung

Die optimale N-Versorgung zu den wichtigen Entwicklungsstadien des Weizens ist eine unbestrittene Tatsache. Da sich der Schwefeleintrag aus der Luft in den letzten Jahrzehnten drastisch reduziert hat, wurde bereits beim Raps S-Mangel festgestellt und eine S-Düngung zu Raps ist gängige Praxis. Ein Teil der Weizenproteine, die für die Backfähigkeit verantwortlich sind, enthält schwefelhaltige Aminosäuren. Es erscheint sinnvoll durch eine angepasste Schwefeldüngung den Aufbau entsprechender Aminosäuren und Proteine zu fördern, um die Backfähigkeit und -qualität des Weizens zu erhöhen. Ob sich diese Vermutung in der Praxis bestätigt, sollte in einem Feldversuch mit anschließender gelelektrophoretischer Auswertung der Proteine ermittelt werden.

Material und Methoden

Im Jahr 2005 wurden von einem Feldversuch der Versuchsstation Groß-Gerau (sandiger Lehm) der Universität Gießen Proben für die Laboranalysen von der Sorte 'Privileg' entnommen. Im Versuch variierte die Schwefeldüngung in drei Stufen: 0 kg/ha; 7,5 kg/ha Schwedokal 90 zu DC 21-23 und jeweils 7,5 kg/ha Schwedokal 90 zu DC 21 und DC 49-50. Die N-Düngung wurde in 6 Stufen variiert, so dass sich Gesamtgaben von 0, 110 und 150 kg/ha ergaben (vgl. Schäfer und Honermeier, 2007). In allen Varianten wurden die wichtigsten Backtechnologischen Kenngrößen ermittelt. Zusätzlich wurde von ausgewählten Proben (S-Stufe niedrig und hoch; N-Stufe niedrig, mittel und hoch) von den Proteinfractionen Gliadin und Glutenin getrennt eine 2D-Gelelektrophorese durchgeführt. Die Gele wurden eingescannt und die Spotverteilung mit dem Programm Delta2D (Decodon, Greifswald) bildanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Sowohl in der Variante ohne Schwefel als auch in der schwefelreichen Variante kam es im **Gliadingleichvergleich** bei variiertem N-Düngung (mittel und hoch) zu einer deutlichen Neubildung an Spots auf mittlerem Niveau (29,0 % bzw. 19,9 %) und es konnte nur eine geringe Spotneubildung auf hohem N-Niveau im Vergleich zur „Null-N-Variante“ festgestellt werden (4,1 % bzw. 0,0 %). Der Anteil verschwundener Spots hingegen ist in der schwefelarmen Variante bei beiden Gegenüberstellungen mit der Nullvariante nur gering, in der schwefelreichen Variante bei hoher N-Versorgung jedoch sehr ausgeprägt (54,3 %). Aussagen von Fink (1991), dass sich bei Erhöhung der N-Düngung nicht automatisch die gebildete Proteinmenge im Weizenkorn erhöht, lassen sich somit bestätigen. Der hohe Anteil verschwundener Spots bei hoher N- und S-Versorgung könnte auf ein Konkurrenzverhalten bei der Nährstoffaufnahme der beiden Elemente zurückzuführen sein. Dies hat eventuell zu verringerter Aminosäuren- und Proteinbildung geführt. Ein sehr hoher Anteil

Justus Liebig Universität Gießen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Professur für Pflanzenbau, Ludwigstr. 23, 35390 Gießen; e-mail: Bernd.Honermeier@agrar.uni-giessen.de

* Christian-Albrechts-Universität Kiel, Institut für Pflanzenernährung und Bodenkunde, Professur für Pflanzenernährung

verschwundener Spots (95,3 %) konnte ebenfalls in der hoch gedüngten N-Variante beim Vergleich der schwefelarmen mit der schwefelreichen Variante festgestellt werden.

Diese extrem hohen Anteile an verschwundenen Spots konnten beim Vergleich der **Gluteningele** in den entsprechenden Varianten nicht gefunden werden. Vielmehr war in den nicht mit Schwefel versorgten Varianten bei steigender N-Düngung in etwa in gleichen Maßen eine Verstärkung und Verminderung von Spots festzustellen. Dies trat in den gut mit Schwefel versorgten Varianten nur bei hoher N-Düngung auf (s. Tab. 1). Bei den Gelvergleichen auf einer N-Stufe aber unterschiedlicher Schwefelversorgung traten insgesamt große Veränderungen in der Spotausprägung auf, so dass davon ausgegangen werden muss, dass durch steigende Schwefelversorgung die Aminosäurezusammensetzung im Glutenin deutlich verändert wird (s. Tab. 2).

Tab. 1: Gluteningelvergleichliche Varianten ohne bzw. mit Schwefel gedüngt und gesteigerter N-Düngung

Art der Veränderung	Gelvergleich mit -S/-N und		Gelvergleich mit +S/-N und	
	-S/ N	-S/+N	+S/N	+S/+N
neu synthetisiert	0,5 %	19,7 %	18,2 %	3,7 %
verstärkt	33,9 %	27,5 %	15,6 %	41,9 %
vermindert	33,9 %	21,8 %	8,9 %	51,8 %
verschwunden / nur in Kontrolle	1,0 %	0,5 %	24,5 %	2,6 %
Gesamtveränderung	69,3 %	69,5 %	67,2 %	100,0 %

Tab. 2: Gluteningelvergleich auf jeweils einer N-Stufe mit unterschiedlicher S-Versorgung

Art der Veränderung	Gelvergleich zwischen		
	-S/-N und +S/-N	-S/ N und +S/ N	-S/+N und +S/+N
neu synthetisiert	29,4 %	17,0 %	12,4 %
verstärkt	19,6 %	20,5 %	8,8 %
vermindert	12,4 %	13,9 %	17,0 %
verschwunden	2,6 %	23,1 %	29,4 %
Gesamtveränderung	64,0 %	74,5 %	67,6 %

Literatur

- Fink, A. (1991): Düngung. Ertragssteigernd, qualitätsverbessernd, umweltgerecht. Stuttgart: Eugen Ulmer.
- Schäfer, T., Honermeier B. (2007): Einfluss unterschiedlicher N- und S-Düngung auf Kornertrag und Backqualität von Winterweizen (*Triticum aestivum* L.). Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften 19, S. 8-9.

Sensorische Erfassung von Trockenstress zur Ableitung von teilflächenspezifischen Ertragspotenzialen - bestehende Probleme und methodische Ansätze zu ihrer Lösung

D. Neukam, U. Böttcher & H. Kage

Einleitung

Die Ertragserwartung ist ein wesentliches Kriterium ackerbaulicher Maßnahmen. Aus Ertragskartierung abgeleitete Ertragszonen können sich über die Jahre hinweg als nicht konsistent erweisen, weshalb für die Ableitung teilflächenspezifischer Ertragspotenziale als Grundlage einer teilflächenspezifischen Bewirtschaftung mögliche Einflussfaktoren und ihre Wechselwirkungen betrachtet werden müssen. Insbesondere die Nährstoff- und Wasserversorgung variieren teilflächenspezifisch, v.a. in Abhängigkeit von Bodenparametern, die in der Fläche meist nur mit aufwändigen und teuren Verfahren zu erheben sind.

Die Erhöhung der Bestandestemperatur stellt als spezifische, sensitive und kurzfristig messbare Trockenstressreaktion der Pflanzen einen flächenhaft messbaren Bioindikator für die teilflächenspezifische Wasserversorgung dar. Durch Inversion eines entwickelten Modells, das ausgehend von Bodenwasserhaushalt und Pflanzenwachstum, die Bestandestemperatur errechnet, sind Rückschlüsse auf zugrunde liegende Bodenparameter möglich, die ihrerseits wiederum als Ausgangspunkt teilflächenspezifischer Ertragspotenzial-Schätzungen dienen können. Die im Rahmen von Vorarbeiten identifizierten Problemstellen dieses Ansatzes, sollen in einem geplanten Projektvorhaben für Winterweizen angegangen werden.

Modellcharakterisierung

Das entwickelte Modell (Abb.1) simuliert Pflanzenwachstum und Bodenwasserhaushalt. Kernelemente des Wasserhaushalts sind Wasseraufnahme und

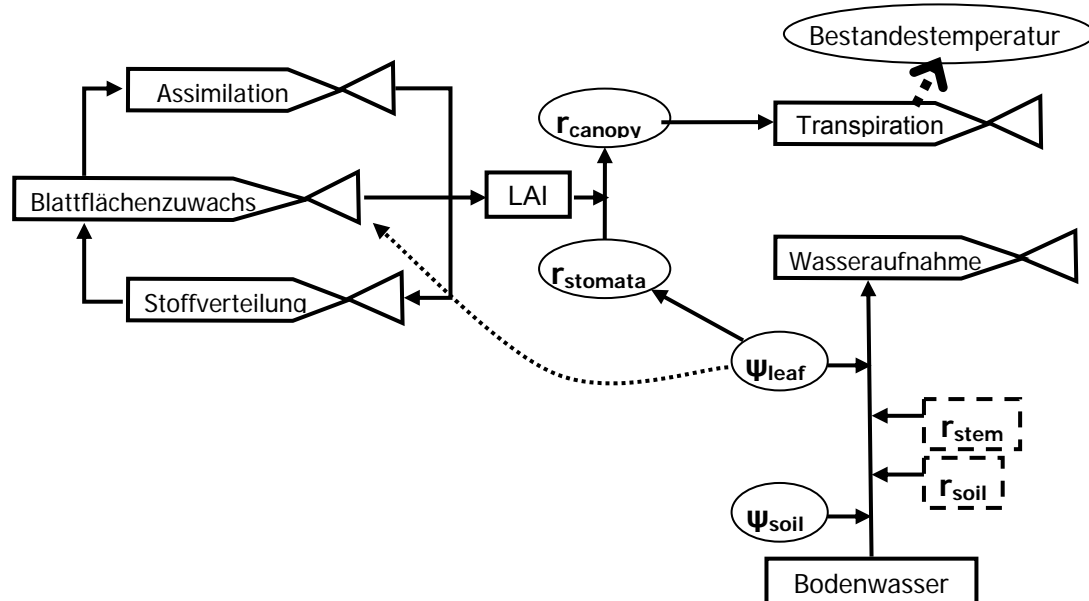


Abb. 1: Ablaufschema der Modellierung von Pflanzenwachstum und Wasserhaushalt

Transpiration. Die Wasseraufnahme wird entsprechend dem Widerstandskonzept nach der van-den-Honert-Gleichung in Abhängigkeit von Blattwasserpotenzial (ψ_{leaf}) und Bodenwasserpotenzial (ψ_{soil}) simuliert. Die Transpiration und davon ausgehend die Bestandestemperatur wird nach dem Penman-Monteith-Ansatz modelliert, der die lokale Energiebilanz beschreibt. Treibende Kraft sind atmosphärische Bedingungen. Als Pflanzenparameter fließt der Bestandeswiderstand (r_{canopy}) ein, der aus dem Blattflächenindex (LAI) und dem direkt von ψ_{leaf} abhängigen stomatären Widerstand auf Einzelblattebene (r_{stomata}) abgeleitet wird. Das Pflanzenwachstum wird anhand der Prozesse Blattflächenzuwachs, Assimilation und Stoffverteilung modelliert. Vergleicht man gemessene und simulierte Tagesgänge der Bestandestemperatur (Abb.2), so erkennt man, dass das Modell den Verlauf und die Abstufung zwischen den Varianten gut nachvollzieht, die absolute Höhe aber nicht korrekt wiedergegeben wird. Während also die Modellstruktur geeignet scheint, konnten im Bereich der Modellparametrisierung insbesondere zwei Verbesserungsmöglichkeiten identifiziert werden.

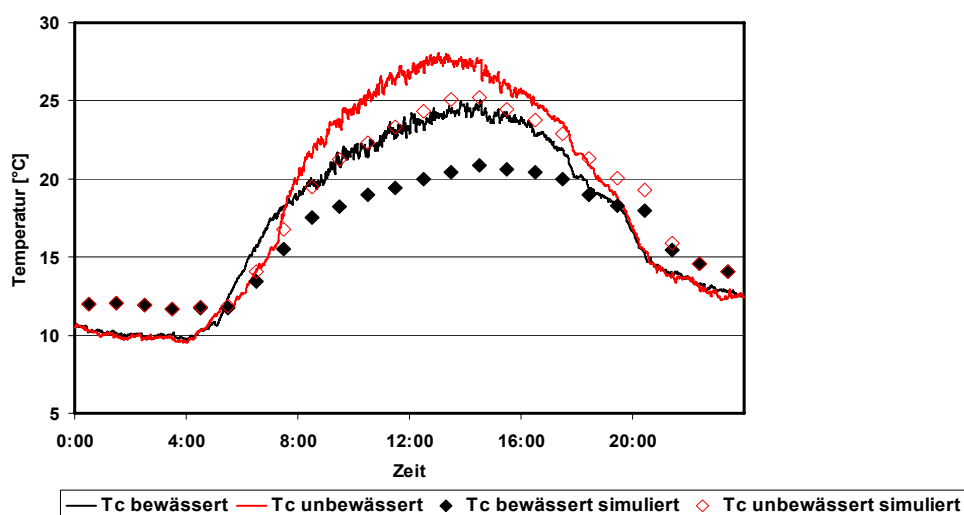


Abb. 2: Gemessene und simulierte Tagesgänge der Bestandestemperatur von bewässerten und unbewässerten Parzellen am 08.06.08.

Bestehende Probleme und Lösungsansätze

Die zeitlich hoch aufgelöste Modellierung der stomatären Kontrolle stellt die entscheidende Verbindung zwischen Bodenwasser und Bestandestemperatur dar. Aus intensiven Messungen von stomatärem Widerstand und Blattwasserpotenzial in bewässerten und unbewässerten Parzellen soll eine empirische Stomatawiderstandsfunktion für Winterweizen abgeleitet und ins Modell implementiert werden. Desweiteren soll durch eine gezielte Parameterschätzung die Anpassung der Widerstände im Bereich der Wasseraufnahme (r_{soil} , r_{stem}) verbessert werden.

Das eingesetzte Infrarot-Thermometer erfasst neben der Pflanzentemperatur auch die Temperatur des sichtbaren Bodens. Dies ist insbesondere bei nicht geschlossenen Beständen bzw. niedrigen LAI- Werten der Fall. Inwieweit dies für die Messung und die Kombination mit dem Modell von Bedeutung ist, soll mit Hilfe bildgebender Verfahren analysiert und gegebenenfalls im Modell berücksichtigt werden.

Abbildung der Pflanzenentwicklung bei Wintergerste mittels Reflexions- und Fluoreszenzmessungen

M. Strenner, B. Limbrunner & F.-X. Maidl

Einleitung

In den letzten drei Jahren blieb die Anbaufläche von Wintergerste in Deutschland mit etwa 1,9 Millionen ha relativ konstant. Damit ist dies die nach Weizen mit ca. 3 Millionen ha zweitwichtigste Einzelkulturart (Destatis, 2008).

Durch Umweltprogramme und gestiegene Kosten für mineralische Düngemittel, rückt eine effiziente und bedarfsgerechte Düngung der Bestände in den Fokus. Die hierfür notwendigen Informationen können durch die Ermittlung von Pflanzenparametern, wie Trockenmasse des Sprosses, Stickstoffgehalt und Stickstoffaufnahme bestimmt werden. Mittels Reflexions- und Fluoreszenzmessungen der Bestände und die mathematische Verrechnung verschiedener Spektralbereiche sind diese Parameter abschätzbar (Schächtl, 2004 und Schmid, 2007). Das Ziel dabei ist es, mittels geeigneter Messmethoden die Pflanzenentwicklung exakt abbilden zu können.

Material und Methoden

In den Jahren 2004 bis 2008 wurden auf den Versuchstationen des Wissenschaftszentrums Weihenstephan Stickstoff-Optimierungsversuche bei Wintergerste (*Hordeum vulgare*) durchgeführt. In diesen Versuchen wurden zwei Wintergerstensorten, die zweizeilige Sorte Duet, sowie die mehrzeilige Sorte Ludmilla, mit sieben Stickstoffvarianten behandelt. Diese unterschieden sich in der N-Gesamtmenge, in der Verteilung und in der Terminierung der Teilgaben. Jede dieser Varianten wurde vierfach wiederholt. Die Anlage der Parzellen erfolgte als Doppelparzelle, wobei eine Parzelle der Mähdruschernte und die andere Parzelle der Beprobung diente. Zu vier Terminen wurden in der Beprobungsparzelle während der Vegetationsperiode Biomasseproben entnommen und im Labor auf deren Stickstoffgehalt untersucht. Die Reflexionsmessung (REIP und NDVI) der Bestände erfolgte mit einem Handspektrometriemeter der Firma tec5 AG (Oberursel, Deutschland) die Fluoreszenzmessungen (Ratio) mit dem Lasersensor MiniVeg N der Firma Fritzmeier GmbH (Großhelfendorf, Deutschland). Die durch die Messungen erhobenen Daten wurden durch Anwendung des Statistikpaketes SPSS 15.0 und MS Excel auf pflanzenbauliche Aspekte hin ausgewertet.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Aufnahmeverläufe der verschiedenen Entwicklungsstadien der Bestände ließen sich mittels reflexionsanalytischer Messung gut abbilden (Abb. 1). Vor allem der Vegetationsindex REIP ist hierfür geeignet, da dieser hohe Bestimmtheitsmaße zur N-Aufnahme aufweist. Dabei zeigte sich, dass zwischen den beiden untersuchten Sorten keine charakteristischen Unterschiede erkennbar waren. Besonders deutlich wurde dies für die Düngung besonders relevanten Bereich zwischen EC30 und EC32. Die Güte der Ergebnisse des Vegetationsindex NDVI waren im Vergleich zum REIP etwas schwächer. Bei kräftigen Beständen zeigten sich Sättigungseffekte. Dadurch kann es zu einer nicht optimalen Abbildung der Pflanzenentwicklung kommen. Des Weiteren zeigten sich bei diesem Index noch leichte Sortenunterschiede.

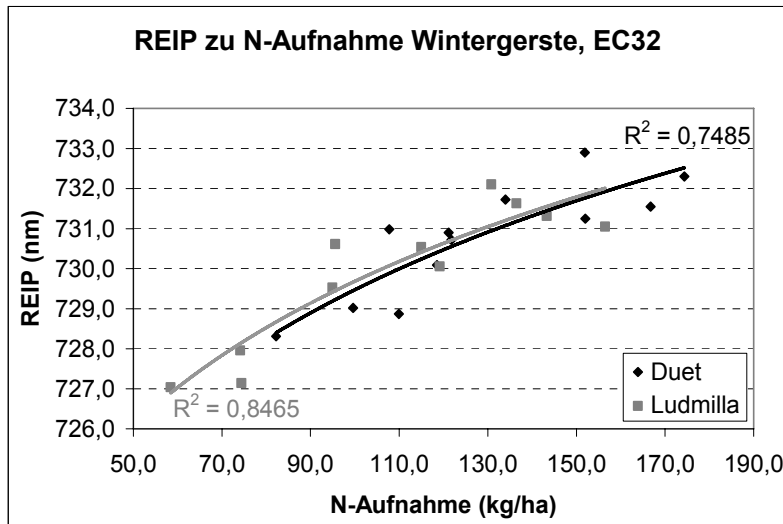


Abb 1: Regressionen REIP zu N-Aufnahme der Wintergerste zu EC32

Ein ähnliches Verhalten zeigte auch die Messung der Fluoreszenz, der Ratio (Abb. 2). Allerdings war hier ein leichter Sortenunterschied feststellbar. Die Bestimmtheitsmaße lagen nicht auf dem gleich hohen Niveau der Reflexionsmessung. Auch war dieser Index stärker mit dem N-Gehalt, als mit der N-Aufnahme korreliert.

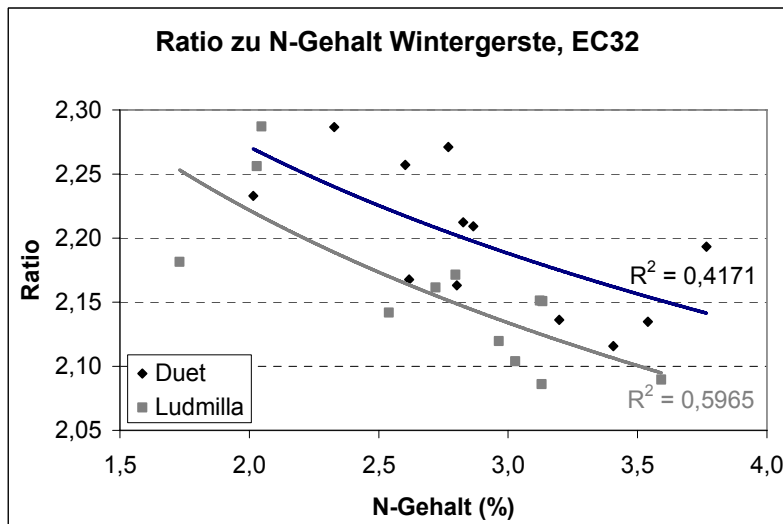


Abb. 2: Regressionen Ratio zum N-Gehalt der Wintergerste zu EC32

Alle drei untersuchten Indizes bildeten die Pflanzenentwicklung hinreichend ab, was eine teilflächenspezifische Terminierung und Dosierung der N-Düngermenge erlaubt.

Literatur

- Destatis (2008): <http://www.destatis.de/jetspeed/portal/cms/Sites/destatis/Internet/DE/Content/Statistiken/LandForstwirtschaft/Bodennutzung/Tabellen/Content75/AckerlandHauptfruchtgruppenFruchtarten,templated=renderPrint.psm1>, Zugriff 17.09.2008
- Schächtl, J.: Sensorgestützte Bonitur von Aufwuchs und Stickstoffversorgung bei Weizen- und Kartoffelbeständen, Dissertation, TU-München, 53-58, 2004
- Schmid, A.: Erfassung des aktuellen Stickstoffstatus von Kulturpflanzen mit berührungsloser Sensorik zur Optimierung der teilflächenspezifischen Bestandesführung, Dissertation, TU-München, 26-30, 2007

Friedrich Körnicke als Evolutionsforscher am Weizen

K. Hammer

Einleitung

Friedrich August KÖRNICKE lebte vom 29. Januar 1828 bis zum 16. Januar 1908. Die einhundertste Wiederkehr des Todestages in diesem Jahr ist der äußere Anlass für unser Symposium. Der tiefere Grund liegt in den nachhaltigen Leistungen KÖRNICKEs, der als Cerealienforscher besonders bekannt geworden ist. Die Experten der damaligen Zeit zollen KÖRNICKE höchstes Lob. So schreiben ASCHERSON und GRAEBNER in ihrer bekannten Flora (1888 – 1902): „Wir haben (beim Weizen) fast alle wichtigen Abänderungen aufgenommen und uns, da wir natürlich nichts Besseres bieten konnten, so streng wie möglich an KÖRNICKE gehalten.“

WITTMACK, ein herausragender Vertreter der landwirtschaftlichen Botanik in Deutschland, der Erstbeschreiber von *Triticosecale* (1899), besorgte die kritische Durchsicht der letzten, erst posthum erschienenen Publikation von KÖRNICKE (1908). Der berühmte Afrikaforscher SCHWEINFURTH (1908) prägte für KÖRNICKE den Ausdruck „Altmeister der Cerealienkunde“. ABROMEIT (1908) widmete KÖRNICKE einen ausführlichen Nachruf. Bald aber begann KÖRNICKES Stern zu sinken. In unserer Zeit wird er nur noch wenig reflektiert, abgesehen von einigen Würdigungen im historischen Kontext (ULLRICH 1970, 1971, HAMMER 2005) oder Aufnahmen in moderne Biografien (BÖHM 1997, RÖBBELEN 2004). Schon SCHIEMANN (1932) setzte sich mit KÖRNICKE auseinander: „KÖRNICKES Versuch von 1885, das damals bekannte Material (von *Triticum*) zu ordnen, führte zu einer Einteilung in 22 Varietäten, der wir heute einen systematischen Wert überhaupt absprechen müssen.“ Dabei suchte KÖRNICKE nach einem geeigneten diagnostischen System und hatte hier weniger die Phylogenie im Auge. So erwähnt er selbst, dass seine Varietäten aus verschiedenen Anfängen entstehen können (KÖRNICKE 1908). Er hat die infraspezifischen Systeme von Gerste und Weizen seiner Vorgänger METZGER (1841) und ALEFELD (1866) aufgegriffen und konsequent weiterentwickelt (dem Thema des Symposiums folgend wollen wir uns im Folgenden auf den Weizen konzentrieren). KÖRNICKES Arbeiten, besonders das sehr berühmt gewordene „Handbuch des Getreidebaues“ (KÖRNICKE und WERNER 1885), sind der Grundstock für nachfolgende systematische Bearbeitungen, von denen besonders die der russischen Schule um N.I. VAVILOV (u.a. FLAKSBERGER 1935), die bekannte Weizenmonografie von PERCIVAL (1921) und nicht zuletzt diejenige MANSFELDS (1951) zu nennen sind. Den bisherigen Höhepunkt dieser Entwicklung stellt die Weizenmonografie von DOROFEEV und KOROVIINA (1979) dar. Leider liegt dieses Werk, das die morphologische Vielfalt in eindrucksvoller Weise dokumentiert und das damit als Meilenstein auch für die Biodiversitätsforschung am Weizen anzusehen ist, bisher nur in russischer Sprache vor. Anstrengungen werden derzeit unternommen, um es einem breiteren Leserkreis zugänglich zu machen (KNÜPFER et al. 2004)

Arbeit mit den Sortimenten

Einen tiefen Eindruck auf jeden, der sich mit dem Hauptwerk KÖRNICKES beschäftigt, macht sein ernsthaftes Bemühen um den Aufbau von Kulturpflanzensortimenten, ihre Erhaltung und Bearbeitung. Der von ihm eingerichtete ökonomisch-botanische Garten wird noch heute an der Universität Bonn weitergeführt. Mit seinem einzigen gärtnerischen Mitarbeiter VOOSSEN hat er hier Bahnbrechendes geleistet. Die Arbeit der heutigen deutschen Genbank in Gatersleben folgt noch in vielem dem Vorbild von KÖRNICKE (vgl. MANSFELD und LEHMANN 1957). Mit seinen Bemerkungen zur sortenreinen Erhaltung der krausen Petersilie gibt KÖRNICKE ein markantes Beispiel zur Sortimentserhaltung dieser Sippe, das auch verallgemeinert werden kann (KÖRNICKE 1885).

KÖRNICKE konnte auf langjährige Erfahrungen im Sortimentsanbau zurückblicken. Nach eigenen Angaben hat er seine Untersuchungen in Waldau (Ostpreußen) acht Jahre lang durchgeführt. Es schlossen sich über 30 Jahre in Bonn/Poppelsdorf an. Am 1. April 1898 trat er in den Ruhestand, die Verwaltung des ökonomisch-botanischen Gartens behielt er noch weiter in der Hand (ULLRICH 1971).

Bei der Sortimentsarbeit kam es KÖRNICKE auf die sippenechte Erhaltung an, er hat aber auch die Entstehung neuer Formen beobachtet, die er oft über Jahre selektierte, um einheitliche neue Sippen zu erzielen. KÖRNICKE verstand sich nicht als Pflanzenzüchter. Aber er hatte enge wissenschaftliche Kontakte zu ihnen, besonders zu W. RIMPAU in Schlanstedt/Langenstein. Er nutzte ihre Selektionen zur Beschreibung der Variabilität beim Weizen und nahm ihre Züchtungsprodukte in sein System auf. Viel Material verwendete er auch von GUSTAV BESTEHORN (1836 – 1889) aus Könnern, der die Kombinationszüchtung konsequent und umfangreich einsetzte und auch Hybriden des Weizens mit der Quecke herzustellen versuchte.

Infraspezifische Evolution und Varietätenbildung

Aus der Arbeit mit den damaligen Sortimenten ergibt sich logisch eine Schwerpunktsetzung auf infraspezifische Evolution und Sortenentwicklung. KÖRNICKE hat intensiv zur Neuentstehung von botanischen Varietäten an Weizen gearbeitet. Sein Hauptwerk, das Handbuch des Getreidebaues (1885), enthält viele infraspezifische Neubeschreibungen. Seine speziellen Erfahrungen über die Varietätenbildung fasst er in einer eigenen Arbeit zusammen (1890). In seinem letzten Werk (1908) geht er speziell auf die Entstehung neuer Getreidevarietäten ein und liefert wiederum eine Reihe von Neubeschreibungen von botanischen Varietäten. Seine intensiv diskutierten Ergebnisse lesen wir natürlich heute unter dem Gesichtspunkt der Genetik, und es gibt oft Hinweise auf einheitliche F1- Generationen und Aufspaltungen in der F2, aus der dann KÖRNICKE seine neuen Varietäten selektierte. Allerdings hat KÖRNICKE die Bedeutung der Wiederentdeckung der MENDELschen Gesetze nicht erkannt, obwohl wissenschaftliche Kontakte z.B. zu C. CORRENS (1864 – 1933) bestanden.

Evolution der Arten

Es ist interessant, kurz den Erkenntnisstand in der Zeit KÖRNICKES hinsichtlich der Evolution des Weizen zu rekapitulieren. Auf A. SCHULZ (1913) geht der heute noch anerkannte Weizenstammbaum zurück (vgl. SCHIEMANN 1932). Die Aufstellung der Einkorn-, Emmer- und Dinkelreihe nach morphologischen Kriterien (SCHIEMANN 1948) wurde später durch die zytologischen Funde eindrucksvoll bestätigt (SAKAMURA 1918, SAX 1918) und stellte sich als phylogenetisch begründet heraus. Der Weizen war also triphyletisch. Diese Erkenntnisse betreffen die Zeit nach KÖRNICKE. Er war selbst, wie viele seiner Zeitgenossen, davon überzeugt, dass *Triticum* im wesentlichen diphyletisch sein sollte. Ausgangspunkt für diese Überlegungen waren u.a. die Kreuzungsversuche von BEIJERINCK (1884), die sterile Nachkommen bei Kreuzungen zwischen *T. monococcum* und *T. dicoccon* ergaben. Damit standen sich diphyletisch *T. monococcum* und alle weiteren Weizenarten gegenüber, einschließlich *T. aestivum* und *T. spelta*. Eine spätere Abkehr von BEIJERINCK von dieser Idee, der alle Weizen auf *T. monococcum* zurückführte, hat KÖRNICKE sehr betroffen gemacht (KÖRNICKE 1908). Für *T. monococcum* war schon seit 1833 eine Wildsippe bekannt – *T. boeoticum*, 1854 kam eine weitere Wildsippe dazu – *T. thaoudar* (SCHIEMANN 1932). 1855 hatte KOTSCHY am Hermon ein Wildgetreide gefunden, das später als *Hordeum spontaneum* im Wiener Herbarium lag. Es ist KÖRNICKES bleibendes Verdienst, diese Sippe der Gattung *Triticum* zugeordnet zu haben. In einer sehr kurzen Notiz (KÖRNICKE 1889) wurde über diesen Weizen, den er *T. vulgare* var. *dicoccoides* nannte, berichtet. Diese Notiz ließ sich nicht als vollwertige botanische Beschreibung anerkennen. Die Konsequenz ist die relativ aufwändige Zitierweise dieses Namens auf dem Artniveau: *Triticum dicoccoides* (Körn. ex Asch. et Graebn.) Schweinf. Infraspezifisch wird das natürlich noch umfangreicher! KÖRNICKE selbst hat seinem Fund wohl keine größere Bedeutung beigemessen. Er zitiert ihn einfach als wilden Emmer (KÖRNICKE 1908). Aber er stellt ihn nicht in einen genealogischen Zusammenhang mit den übrigen *Triticum*-Arten. Diese hier genannte zweite kurze Bemerkung durch KÖRNICKE ist, neben der ersten Kurzmitteilung, die gesamte Ausbeute des sensationellen Fundes durch KÖRNICKE selbst. Von anderen Forschern, z.B. SCHWEINFURTH (1908), ist die Bedeutung dieses Wildweizens für die Genealogie der Gattung *Triticum* viel deutlicher herausgearbeitet worden. Das führte auch zu einer intensiven Nachsuche im Zielgebiet und schließlich zur Wiederentdeckung der Sippe. Aber selbst dem Protokollanten der Sitzung vom 11. März 1889 war die Bedeutung der neuen Art einleuchtend (KÖRNICKE 1889). Er schrieb: „Eine Stammform der zweiten und viel wichtigeren Art war bisher nicht bekannt. Er (KÖRNICKE) fand sie in einer Pflanze, welche KOTSCHY am Antilibanon 1855 in einer Höhe von 4000' sammelte.“ Möglicherweise hat KÖRNICKE wegen seiner großen Bescheidenheit die Bewertung seines Fundes heruntergespielt.

Eine andere Frage der Evolution des Weizens wird von KÖRNICKE positiver gesehen, obwohl sie seinerzeit noch recht hypothetisch war – eine Beteiligung von *Aegilops* an der Weizenevolution. Er schreibt dazu: „Früher suchte ich die wilde Stammform von *T. sativum* (*T. aestivum*) in einer noch unbekanntem Art von *Aegilops*. Diese Ansicht ist vorläufig kaltgestellt, aber noch nicht völlig widerlegt“ (KÖRNICKE 1908). Dabei stellt sich die Frage in wie weit der mögliche Zusammenhang zwischen *Triticum* und *Aegilops* damals schon erkennbar war? Jedenfalls hatte schon die Volksbotanik Zusammenhänge vermutet. Nach VAN SLAGEREN (1994) wird im Arabischen *Aegilops geniculata* (*A. ovata*) als „Oum el

Ghamma“ = Mutter des Weizens bezeichnet. *Aegilops triticoides* Req. ex Bertol., Fl. Ital. 1 (1834) 788 wurde nach Exsikkaten beschrieben, die in den Jahren 1825 –1827 von ESPRIT REQUIEN eingelegt wurden. Es handelt sich dabei um eine *Aegilops-Triticum*-Hybride (x *Aegilotriticum triticoides* (Req. ex Bertol.) van Slageren). Eine weitere Hybride stammt von JORDAN (1855) = x *Aegilotriticum speltaeformis* (Jord.) van Slageren. Über natürliche und künstliche Befruchtungen zwischen *Aegilops* und *Triticum* berichtete GODRON (1854), der dann 1870 eine Geschichte der *Aegilops*-Hybriden veröffentlichte.

Entsprechende Informationen sind somit auch für KÖRNICKE verfügbar gewesen. Im übrigen befand sich die Botanik mit der Erfassung und dem Nachweis von Hybriden auf gutem Wege. FOCKEs (1881) ganz ausgezeichnetes Werk über die „Pflanzenmischlinge“ war zum Zeitpunkt des „Handbuches des Getreidebaues“ (KÖRNICKE und WERNER 1885) bereits weithin akzeptiert und auch der über Vererbungsprobleme arbeitende Botaniker von NÄGELI, der akademische Lehrer MENDELs, der diesem leider ein für die damalige Zeit zu schwieriges Objekt empfohlen hatte, die Gattung *Hieracium*, und die Bedeutung des einfachen Modells *Pisum* nicht erkannte, hatte ein entsprechendes Werk abgeschlossen (NÄGELI 1884). Die Euphorie nach der Wiederentdeckung der MENDELschen Gesetze hat Höhepunkte in den Vererbungswissenschaften vor der Wiederentdeckung der Arbeit von MENDEL deutlich überschattet.

KÖRNICKEs morphologisch geschulter Blick erlaubte ihm viele evolutionsgenetisch interessante Einblicke. ASCHERSON und GRAEBNER (1898 – 1902, Bd. 2, S. 674) schrieben: „KÖRNICKE glaubte *T. spelta* von *T. vulgare* (*T. aestivum*) ableiten zu müssen, von *T. dicoccon* zunächst *T. durum* ... davon wohl auch *T. turgidum*.“ Folgende phylogenetische Überlegungen sind besonders erwähnenswert (KÖRNICKE und WERNER 1885):

- aufgrund der Neigung zu verzweigten Ähren hielt KÖRNICKE *T. turgidum* und *T. dicoccon* für Parallelfornen,
- die Mischlingsbefruchtungen zwischen *T. aestivum* und *T. spelta* hat er durchaus zur Kenntnis genommen und in diesen Zusammenhang auch *T. compactum* mit einbezogen,
- *T. polonicum*, von ALEFELD aufgrund morphologischer Besonderheiten in eine eigene Gattung gestellt (*Deina*), hält er nur für eine „halbmonströse Abart von *T. durum*“, nachdem er einen Rückschlag von *T. polonicum* in *T. durum* beobachtet hatte,
- er erwähnt *T. turanicum* (von SCHWEINFURTH aus Ägypten erhalten) und erkennt aufgrund der Spelzenlänge richtig den Übergang zu *T. polonicum*,
- er stellte die äthiopischen Weizen (morphologisch richtig, allerdings karyologisch falsch!) als sect. Abyssinicum zu *T. compactum* (es dauerte noch mehr als 30 Jahre, ehe ihre wahre Natur durch die russische Schule aufgeklärt wurde).

Damit ist das evolutionäre *Triticum*-Konzept KÖRNICKEs wohl besser als der später erworbene Ruf.

KÖRNICKE und die Weizenforscher

Auch bei der Einschätzung der Weizenforscher seiner Zeit hat KÖRNICKE ein gutes Gespür bewiesen. Zwar erwähnt er seinen unmittelbaren Vorgänger bei der Weizenklassifikation ALEFELD nur selten (vgl. ALEFELD 1866), der darüber hinaus die Kulturpflanzen seiner Zeit (mehr als 200 Kulturpflanzenarten mit 1793 Varietäten – LANDSRATH und HAMMER 2007) gründlich bearbeitet hatte. Er hat ihm allerdings mit *T. spelta* var. *alefeldii* Koern. ein Denkmal gesetzt.

Die größten Weizenforscher seiner Zeit (KÖRNICKE 1908) sah er in H. DE VILMORIN, W. RIMPAU und M.W. BEIJERINCK.

HENRY de VILMORIN (1843 – 1899), Teilhaber der gärtnerischen Weltfirma und Chef des Hauses VILMORIN ANDRIEUX et Cie war schon durch seinen Großvater geprägt, der ein spezielles Buch über Weizen herausgebracht hatte (L. de VILMORIN 1850). Er aktualisierte dieses Werk (1880) und erarbeitete sich weitere Ergebnisse in der neu aufkommenden Kreuzungszüchtung (1888). Neben dem wirtschaftlichen Erfolg der Firma, konnte sich parallel die wissenschaftliche Arbeit entwickeln.

Der Landwirt Dr. h.c. WILHELM RIMPAU (1842 – 1903) war ein ausgezeichneter Pflanzenzüchter. Er stand in enger Verbindung zu KÖRNICKE (vgl. MEINEL, dieses Symposium) und wurde von diesem als der züchterische Experte anerkannt (MEINEL, 2003).

Der Botaniker und Bakteriologe MARTINUS WILLEM BEIJERINCK (1851 – 1931) gilt auch als Vater der Mikrobiologie. Durch seine Hybridisierungen bei *Triticum* (er zog auch *Hordeum* in die Arbeiten ein) gelangte er zu neuen Erkenntnissen für die Weizenevolution. Kreuzungen zwischen *T. monococcum* und *T. dicoccon* erwiesen, wie schon erwähnt, sich nicht als fertil. Er kam am nächsten von den genannten drei Forschern an die Wiederentdeckung der MENDELschen Gesetze heran. HUGO de VRIES zitiert BEIJERINCK, weil ihm dieser die Arbeit MENDELs zur Verfügung stellte (ZEVEN 1970). Übrigens diskutiert BEIJERINCK in seiner Arbeit von 1882, neben den bekannten Engländern HALLET und SHIREFF, die Züchtungsarbeiten von RIMPAU und VILMORIN (ZEVEN 1970). Auch JAHN (1965) brachte BEIJERINCK mit der Geschichte von der Wiederentdeckung der MENDELschen Gesetze in Verbindung.

KÖRNICKE hat also mit seinen *Triticum*-Favoriten eine sehr gute Wahl getroffen. Sein Urteil ist selbst im Abstand von 100 Jahren überzeugend.

Zusammenfassung

FRIEDRICH KÖRNICKE (1828 – 1908) ist besonders als Cerealienforscher bekannt geworden. Aufsehen erregte seine Entdeckung eines lange gesuchten Wildweizens (*Triticum dicocoides*) im Wiener Herbarium. Obwohl KÖRNICKE in einer Zeit des sich rasch entwickelnden genetischen Gedankengutes lebte, stand er solchen Überlegungen eher zögerlich gegenüber. Als klassischer Botaniker stützte er sich auf die Morphologie. Sein Werk ist solide, besonders das „Handbuch des Getreidebaus“ (1885) hat ihn bekannt gemacht. Seine Schlußfolgerungen zur Evolution des Weizens sind interpretationsbedürftig, lassen aber viele interessante Ansätze erkennen. Interessant ist auch seine Auswahl der wichtigsten Weizenexperten seiner Zeit: H. de VILMORIN, W. RIMPAU (beide Züchter) und M.W. BEIJERINCK (Botaniker), die auch heute wieder Beachtung, besonders in Züchterkreisen, finden. KÖRNICKE kann auch als ein Begründer der Genbankarbeit gewertet werden. Seine diag-

nostischen Systeme des Weizens und anderer Fruchtarten wirken noch heute in der Kulturpflanzenforschung nach.

Literatur

- Abromeit, J., 1908: Friedrich August Körnicke. Jahresber. preuss. bot. Ver. 1908, 65 - 70.
- Alefeld, F., 1866: Landwirthschaftliche Flora. Berlin.
- Ascherson, P. und P. Graebner, 1898 - 1902: Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Berlin.
- Beijerinck, M.W., 1884: Ueber den Weizenbastard *Triticum monococcum* x *Triticum dicoccum*. Ned. Kruidk. Archief, 189 - 201.
- Böhm, W., 1997: Körnicke, Friedrich. Biographisches Handbuch zur Geschichte des Pflanzenbaues, S. 158 - 159. Saur, München.
- Dorofeev, V.F., i O.N. Korovina (Hrsg.), 1979: Kul'turnaja Flora SSSR. I. Psenica. "Kolos", Leningrad.
- Flaksberger, K.A., 1935: Weizen (russ.). Moskva - Leningrad.
- Focke, W.O., 1881: Die Pflanzenmischlinge. Berlin, 560 pp.
- Godron, D.A., 1854: De la fécondation naturelle et artificielle des *Aegilops* par le *Triticum*. Ann. Sci. Nat., sér. 3 (19), 215 - 222.
- Godron, D. A., 1870: Histoire d'*Aegilops* hybrides. Nancy.
- Hammer, K., 2005: Der Poppelsdorfer Forscher Friedrich August Körnicke (1828 - 1908). Vortr. Pflanzenzüchtg. 67, 7 - 11.
- Jahn, I., 1965: W.O. Focke - M.W. Beijerinck und die Geschichte der "Wiederentdeckung" Mendels. Biol. Rundschau 3, 12 - 25.
- Jordan, A., 1855: Mémoire sur l'*Aegilops triticoides*. Ann. Sci. Nat., sér. 4, Bot., t. 3, p. 313.
- Knüpffer, H., L.A. Morrison, A.A. Filatenko, K. Hammer, A. Morgounov and I. Faberová, 2004: English translation of the 1979 Russian taxonomic monograph of *Triticum* L. by Dorofeev et al.: Project progress report. Schriften Gen. Res. 22, 282 - 283.
- Körnicke, F.A. und H. Werner, 1885: Handbuch des Getreidebaues. 2 Bände, Bonn.
Bd. 1 "Die Arten und Varietäten des Getreides" (469 pp., Körnicke), Neuauflage 1887.
Bd. 2 "Die Sorten und der Anbau des Getreides" (1010 pp., Werner).
- Körnicke, F.A., 1889: Wilde Stammformen unserer Kulturweizen. Niederrhein. Ges. Natur- und Heilkunde in Bonn, Sitzungsber. S. 46.
- Körnicke, F. A., 1890: Über Varietätenbildung im Pflanzenreich. Sitz.ber. naturw. Sekt. Niederrhein. Ges. Natur- und Heilkunde, Bonn, S. 92 - 93.
- Körnicke, F.A., 1908 (ersch. 1909): Die Entstehung und das Verhalten neuer Getreidevarietäten. Archiv für Biontologie 2, (393) - 437.
- Landsrath, S. und K. Hammer, 2007: Pflanzliche Agrarbioidiversität - eine essayistische Überarbeitung Friedrich Alefelds "Landwirthschaftlicher Flora" von 1866. Schriften des Vereins zur Erhaltung der Nutzpflanzenvielfalt 6. Cremlingen-Schandelah.
- Mansfeld, R., 1951: Das morphologische System des Saatweizens, *Triticum aestivum* L. s.l. Züchter 21, 41 - 60.
- Mansfeld, R. und Chr. O. Lehmann, 1957: Zur Technik der Sortimentserhaltung. Kulturpflanze 5, 108 - 138.
- Meinel, A., 2003: An early scientific approach to heredity by the plant breeder Wilhelm Rimpau. Plant Breeding 122, 195 - 198.
- Metzger, J., 1841: Landwirthschaftliche Pflanzenkunde. Heidelberg.
- Nägeli, C., von, 1884: Abstammungslehre. München-Leipzig.
- Percival, J., 1921: The Wheat Plant. A Monograph. Duckworth, London, 463 pp.
- Röbbelen, G., 2004: Körnicke, Friedrich, Botaniker und Kulturpflanzenforscher. In: Röbbelen, G. (Hrsg.), Biographisches Lexikon zur Geschichte der Pflanzenzüchtung 3, S. 98.
- Sakamura, T., 1918: Kurze Mitteilung über die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum*-Arten. Bot. Mag. Tokyo 32, 150 - 253.
- Sax, K., 1918: The behavior of chromosomes in fertilization. J. Genetics 3, 309 - 327.
- Schiemann, E., 1932: Entstehung der Kulturpflanzen. Handb. Vererbungswiss. 3, Berlin.
- Schiemann, E., 1948: Weizen, Roggen, Gerste. Systematik, Geschichte und Verwendung. Gustav Fischer, Jena.
- Schulz, A., 1913: Die Geschichte der kultivierten Getreide. Nerbert, Halle, 134 pp.
- Schweinfurth, G., 1908: Über die von Aaronsohn ausgeführten Nachforschungen nach dem wilden Emmer (*Triticum dicoccoides* Kcke.). Ber. Dtsch. Bot. Ges. 26a, 309 - 324.
- Schweinfurth, G., 1908: Über die von A. Aaronsohn ausgeführten Nachforschungen nach dem wilden Emmer Tr. *dicoccoides*. Ber. dtsch. Bot. Ges. 26, 310 - 324.

- Slageren, M. W., van, 1994: Wild wheats: a monograph of *Aegilops* L. and *Amblyopyrum* (Jaub. et Spach) Eig. Wageningen Agric. Papers 94-7, 512 pp.
- Ullrich, H., 1970: Der Botaniker Friedrich August Körnicke (1828 - 1908). *Decheniana* 122, 378 - 384.
- Ullrich, H., 1971: Friedrich August Körnicke 1828 - 1908. Beiträge zur Geschichte der Wissenschaften in Bonn. *Landwirtschaftswissenschaften*. S. 87 - 97. Bouvier Verlag, Ludwig Röhrscheid Verlag, Bonn.
- Vilmorin, L., de, 1850: *Essai d'un catalogue méthodique et synonymique des froments*. Paris.
- Vilmorin, L., de, 1880: *Les meilleurs blés description et culture des principales variétés de froments d'hiver et de printemps*. Paris (mit einer Einleitung von H. de Vilmorin).
- Vilmorin, H., de, 1888: Expériences de croisement entre les blés différentes. *Bull. Soc. Bot. France* 35, 49 - 52.
- Zeven, A.C., 1970: Martinus Willem Beijerinck a hybridizer of *Triticum* and *Hordeum* species at the end of the 19th century and his investigations into the origin of wheat. *Euphytica* 19, 263 - 275.

Ein aufschlussreicher Briefwechsel zwischen Friedrich Körnicke und Wilhelm Rimpau

A. Meinel

Einleitung

Aus dem Zeitraum zwischen 1875 und 1887 sind 10 Briefe von Friedrich Körnicke aus Bonn an Wilhelm Rimpau in Schlanstedt bei Halberstadt erhalten geblieben¹. Diese Korrespondenz gehört nach derzeitigem Wissen zusammen mit dem Briefwechsel zwischen Hugo de Vries und Rimpau von 1875 bis 1903 mit zu den aufschlussreichsten Dokumenten über die Anfänge der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung. – Obwohl die Briefe von Rimpau an Körnicke bisher nicht gefunden wurden, sind seine Beiträge zu ihrem wissenschaftlichen Austausch aus den Kommentaren und Zitaten der Briefe von Körnicke in Rimpaus Veröffentlichungen zu Fragen der Getreidezüchtung aus den Jahren zwischen 1877 und 1892 zu erkennen.

Der Briefwechsel beginnt im Mai 1875. Körnicke wirkte seit 8 Jahren in Bonn-Poppelsdorf und bearbeitete die landwirtschaftliche Botanik in dem ökonomisch-botanischen Garten der Königlichen Landwirtschaftlichen Akademie. Rimpau war seit 1868 gemeinsam mit seinem Vater Pächter der Domäne Schlanstedt bei Halberstadt. Seit 1868 hatte er erfolglose Auslesen in Roggenpopulationen vorgenommen und dabei erkannt, dass das damals verfügbare Wissen der Botaniker über das Blühverhalten der Getreidearten nicht ausreichte, um durch Züchtung Leistungsverbesserungen der im Anbau befindlichen Getreidesorten zu erreichen. Daher hatte er bis 1875 selbst bereits Untersuchungen zur Blühbiologie begonnen und erste manuelle Kreuzungen bei Weizen durchgeführt. Die Korrespondenz zwischen den beiden Herren wurde in einigen Fällen von gegenseitigen Saatgutsendungen begleitet, wodurch die gleichzeitige Beobachtung des ausgetauschten Pflanzenmaterials durch Körnicke in Bonn-Poppelsdorf und Rimpau in Schlanstedt zu bestimmten Fragen erfolgen konnte.

Bereits der erste Brief Körnickes an Rimpau vom 21. Mai 1875 lässt die drei Fragenkomplexe erkennen, die für beide bei Getreide von besonderem Interesse waren:

1. Die Taxonomie der Getreidearten und die infraspezifische Variabilität,
2. die Blüh- und Befruchtungsbiologie
3. das Verhalten von Nachkommen aus Kreuzungen.

Ein späteres gemeinsames Interessengebiet wurde in dem Brief Körnickes vom 25. November 1887 angeregt und betrifft die Evolution der Kulturgersten. Die dazu von Körnicke mitgeteilte Meinung regte Rimpau zu seiner 1892 erschienenen Arbeit „Die genetische Entwicklung der verschiedenen Formen unserer Saatgerste“ [Landw. Jahrb. 1892, 699-702] an, worauf hier nicht weiter eingegangen werden kann. – Ausgewählte Zitate aus dem Briefwechsel sollen im Folgenden den Ideen- und Materialaustausch zwischen Körnicke und Rimpau in der Anfangszeit der wissenschaftlichen Getreidezüchtung kurz darstellen.

1. Zur Taxonomie der Getreidearten und infraspezifischen Variabilität

Über die Klassifikation der Weizenarten schrieb Körnicke 1875 an Rimpau: *Was nun die Unterscheidung der Arten bei Weizen anbetrifft, so finden Sie die gewöhnliche Art der Artenunterscheidung in den meisten Floren z. B. in Garcke Flora von Nord- und Mitteldeutschland. Diese Trennung der Arten ist jedoch sehr verkehrt. Alefeld „Landwirtschaftliche Flora 1866“ zog sie alle in eine Art zusammen, mit Ausnahme des Tritic. polonicum. Ich bin ihm darin gefolgt, wie Sie aus meiner „Übersicht etc.“ ersehen können, welche ich Ihnen zum Behalten zuschicke. Seitdem habe ich jedoch meine Ansicht modifiziert. Ich halte nämlich Triticum monococcum für eine besondere Art; die übrigen jedoch nur für Formen einer Art. Jedenfalls ist Tr. vulgare, turgidum und durum nicht zu trennen, denn ich bin sehr oft im Zweifel, ob ich die eine oder die andere Sorte zu dieser oder jener Art stellen soll (21.05.1875). Ähnliche Zweifel des geübten Botanikers sind auch in anderen Briefen zu finden: Ihre neueste 6zeil. G. gehört zu vulgare (tetrastichum); die Imperialgerste zu distichum erectum; Zeocrithum habe ich mitgeschickt, hoffentlich richtig. Sie war ganz schlecht ausgebildet (17.03.1884).*

Das Interesse von Rimpau an der taxonomischen Beschreibung der Getreidearten ergab sich aus den Überlegungen zur Auswahl geeigneter Elternformen am Anfang seiner Kreuzungsexperimente, mit denen er zunächst die Ausführung und den Nachweis des Kreuzungserfolges von manuellen Bastardierungen erforschen wollte. Dabei achtete er grundsätzlich auf deutliche morphologische Unterschiede, um den Bastardierungserfolg an den Nachkommen mit Sicherheit feststellen zu können. Kreuzungseltern und Kreuzungsprodukte der ab 1873 ausgeführten künstlichen Kreuzungen bei Weizen charakterisierte er daher mit Hilfe der gleichen Merkmale, die Körnicke für die taxonomische Zuordnung von Getreidearten und -varietäten anwendete: Merkmale der Körner, Ähren, Blätter und Halme sowie Habitus- und Entwicklungseigenschaften. So charakterisierte Rimpau beispielsweise einen der verwendeten Kreuzungseltern wie folgt: *Rivett's Bearded, ... , ein mit sammetig behaarten, bläulichen Spelzen und langen beim Reifen meist abfallenden Grannen versehener englischer Weizen, also Triticum turgidum L. var. jodurum Al.* Die Nachkommen der Kreuzung `Rivett's Bearded` ♀ x `sächsischer rother Landweizen` ♂ klassifizierte er demzufolge in *rothspelzige Grannenweizen, weisspelzige Grannenweizen, rothspelzige Kolbenweizen und weisspelzige Kolbenweizen.*

Ein weiteres Beispiel: Bei Gerste kreuzte Rimpau `Studel's Gerste (var. Stuedelii Kcke.) mit `Gabelgerste` (var. trifurcatum Schl.). *Diese Kreuzung machte er 1885 und wählte dazu diese zwei sehr von einander verschiedenen Sorten nicht etwa, weil er sich praktischen Erfolg ... davon versprach, sondern um überhaupt erst die Möglichkeit der Kreuzung von verschiedenen Gerstensorten nachzuweisen und die Aussicht zu haben, möglichst verschiedene Kombinationen von zwei vorhandenen Varietäten zu erhalten [Rimpau, W., 1891: Kreuzungsprodukte landwirtschaftlicher Kulturpflanzen, 21. Parey, Berlin]. Die F1-Generation dieser Kreuzung klassifizierte Prof. Wittmack (Berlin) auf Grund der so großen Gleichförmigkeit dieser noch nie dagewesenen schwarzen zweizeiligen Dreizackgerste 1886 als `Hordeum vulgare Rimpaui` [Ber. d. deutschen botan. Ges. IV (10), 433 – 441]. Für Rimpau war das zu Recht ein vorschnelles Verfahren, da ein sehr bedeutendes Variieren nach allen möglichen Richtungen für nächstes Jahr nach allen Erfahrungen zu erwarten sei.*

Diese Erwartung bestätigte sich und Körnicke beschrieb die in der F2-Generation dieser Kreuzung in Poppelsdorf beobachteten Variabilität (Brief an Rimpau vom 19.09.1887) mit taxonomischen Begriffen:

Die Aussaat der var. Rimpai ergab sehr zahlreiche Combinationen beider Eltern. Bei einer noch reicheren Aussaat hätten sich vielleicht auch noch die fehlenden ergeben. Ich erhielt:

I. Gruppe tetrastichum (vulgare)

1. Weiß.

var. pallidum

es fehlt also nur var. coeleste.

var. Horsfordianum Wittm.

var. Trifurcatum

2. Schwarz.

var. nigrum

es fehlt also eine schwarze nackte Varietät

var. = Horsfordianum aber schwarz

var. = trifurcatum aber schwarz.

II. Gruppe distichum.

1. Weiß.

var. nutans

es fehlt also var. nudum

var. = Rimpai aber weiß

var. = Rimpai aber weiß und nackt

2. Schwarz.

var. nigricans

var. = nigricans aber nackt

var. Steudelii

var. = Steudelii aber nackt

var. Rimpai

var. = Rimpai aber nackt

var. = Rimpai aber nackt Seitenährchen = Steudelii.

var. = nigricans ohne Grannen!

var. = nigricans ohne Grannen, einzelne Seitenährchen fruchtbar.

Die nackten Körner der schwarzen Varietäten sind alle sehr dunkelviolet, wie bei var. violaceum.

Aus diesen Beispielen ist ersichtlich, dass die taxonomische Beschreibung der infraspezifischen Variabilität von Getreidezuchtmaterial in der Anfangszeit der wissenschaftlichen Pflanzenzüchtung als geeignetes Verfahren angesehen wurde. Für Rimpau stellten die umfangreichen Kenntnisse Körnickes auf diesem Gebiet eine verlässliche Grundlage bei der Interpretation der Ergebnisse seiner Kreuzungsversuche dar.

Seinen Standpunkt zu dieser Frage formulierte Rimpau später während einer Vorlesung an der Universität Halle im Februar 1892, nachdem er sich zu den damals üblichen Definitionen von *Art, Varietät und Sorte* geäußert hatte: *In der Praxis bedürfen wir der Unterscheidung von morphologisch verschiedenen Sorten einerseits*

und morph. gleicher, durch Kulturwert verschiedener andererseits. Daher ist Körnickes Bezeichnung praktischer: Varietäten sind „die Formen einer Art, welche sich auch in einzelnen Exemplaren im richtigen Entwicklungszustande durch bestimmte, deutlich definierbare Merkmale unterschieden lassen“²

2. Zur Blüh- und Befruchtungsbiologie

tauschten Körnicke und Rimpau wiederholt die Ergebnisse von Beobachtungen an verschiedenen Getreidevarietäten aus; beide kommentierten diese in ihren Briefen teilweise ausführlich in Bezug auf Veröffentlichungen verschiedener Botaniker. Beispielsweise schrieb Körnicke in dem bereits genannten Brief vom 21.05.1875:

Bei Weizen stimmen meine Beobachtungen mit Delpino und Hildebrand völlig überein, mit einer Ausnahme. Delpino sagt, die Blüten öffneten sich von der Basis der Aehre an. Dies ist falsch, bei allen Ähren öffnen sich zuerst die Blüten etwas über der Mitte der Aehre und die Entwicklung schreitet gleichzeitig nach oben und unten fort, die Spitze etwas früher erreichend.

Ein weiteres Beispiel für den Austausch zu dieser Thematik:

Bei Ihrem „deutschen Grannenweizen“, welcher bei Ihnen vielfach cleistogamisch blühte, sah ich ein eigentliches cleistogamisches Blühen nicht (Körnicke an Rimpau v. 26.09.1876). Sie würden mich sehr erfreuen, wenn Sie mir diejenigen Ihrer Weizenvarietäten umgehend schickten, bei denen die Staubbeutel nicht aus den Spelzen herauszutreten pflegen. Ich habe dies noch nicht gesehen und kenne diese cleistogamische Befruchtung nur bei Gerste (Körnicke an Rimpau v. 17.10.1876).

In ähnlicher Weise erfolgte die gegenseitige Information auch über Beobachtungen zur Blüh- und Befruchtungsbiologie bei Roggen, Gerste und Hafer.

3. Zum Verhalten der Nachkommen aus künstlichen Getreidekreuzungen

Durch Körnicke wurde Rimpau wahrscheinlich erstmalig auf Merkmalsspaltungen bei den Nachkommen künstlicher Kreuzungen hingewiesen (Brief vom 21.5.1875): *Uebrigens will ich Sie auf eine Möglichkeit aufmerksam machen, welche Gärtner (nahe?) kommt. Sie können möglicher Weise wirklich eine Weizenblüthe mit dem Pollen einer anderen Varietät erfolgreich befruchten und doch keine Zwischenform erhalten. Ich habe seit Jahren mit Mais experimentiert, da dies leicht ist. Wenn Sie einen gelben Mais mit dem Pollen eines rothen Maises befruchten, so erhalten Sie im nächsten Jahre nicht etwa Zwischenformen, sondern nur aus den so erzielten gelben Körnern entstehen Pflanzen, von denen die einen lauter rein gelbe Kolben, die anderen lauter rothe tragen. – Zugleich sind beiderlei Pflanzen dann in Variation getreten. Dieser Fall tritt wahrscheinlich (noch fehlt mir der Beweis) öfter ein, wenn es sich um Blendlinge handelt, d. h. Befruchtungen zwischen zwei Varietäten derselben Art.*

In den folgenden Jahren führte Rimpau umfangreiche Kreuzungsversuche durch, deren Ergebnisse und zuchtmethodische Konsequenzen er in dem Werk „Kreuzungsprodukte landwirtschaftlicher Kulturpflanzen“ [Parey 1891] veröffentlichte. Es ist sein Verdienst, als Erster die erblichen Veränderungen in den Nachkommenschaften selbstbefruchtender Kulturpflanzen bis zur Konstanz von Neukombinationen elterlicher Merkmale experimentell nachgewiesen und die sich daraus ergebenden Folgerungen für die Zuchtmethodik erkannt zu haben. Der Briefwechsel mit

Körnicker vermittelte Rimpau dafür zahlreiche Informationen und entscheidende wissenschaftlichen Anregungen.

Literatur

¹Archiv NORDSAAT Saatzuchtgesellschaft mbH Saatzucht Langenstein , D-38895 Böhnshausen, Hauptstr.

²Rimpau, W.: Konzept zu zwei Vorlesungen in Halle, Febr. 1892. Manuskript. Archiv Rimpau: Prof. Dr. med. W. Rimpau, Freiherr-vom-Stein-Str.11a, D-10825 Berlin-Schöneberg

Wildemmer (*Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides*): seine Entdeckung und Bedeutung für die Weizenzüchtung

F. J. Zeller

Carl von Linné (1753) war der erste, der Mitte des 18. Jahrhunderts alle bekannten Weizenarten in einem Genus, *Triticum*, zusammenfasste. Er beschrieb sechs verschiedene Spezies, die damals kultiviert wurden. Mehr als hundert Jahre später fassten Körnicke und Werner (1885) sämtliche Weizenarten in drei Spezies zusammen, nämlich in *Triticum vulgare*, *T. polonicum* und *T. monococcum*. *T. vulgare* wurde weiter unterteilt in zwei Subspezies mit zäher bzw. brüchiger Spindel. Zur ersten zählte man *T. vulgare* im engeren Sinn, *T. compactum*, *T. turgidum* und *T. durum*, zur zweiten Subspezies die Arten *T. spelta* und *T. dicoccum*. Die beiden Autoren konnten damals noch nicht wissen, dass der Weizen polyploid ist ($2n = 6x = 42$) und sich aus drei Genomen zusammensetzt. Erst im Jahre 1918 gelang es dem Japaner Sakamura die korrekte Chromosomengrundzahl ($n = 7$) der *Triticum*- Arten richtig zu bestimmen. Fünf Jahre vorher wagte Schulz (1913) die Klassifizierung der kultivierten Weizenarten in die Gruppen Einkorn, Emmer und Dinkel (Tabelle 1). Diese Einteilung hatte lange Zeit Bestand, da sie diploide, tetraploide und hexaploide Weizenarten berücksichtigte, ohne Kenntnis der Chromosomenzahlen. Anfang des vergangenen Jahrhunderts kannte man lediglich den Saatweizen und den Dinkel, das Wild- und Kultur-Einkorn und einige *Turgidum*- Arten, wie Kulturemmer- und Durumweizen.

Tabelle 1: Verwandtschaftsverhältnisse der Arten und Kulturformengruppen von *Triticum* nach Schulz (1913)

		Kulturformen		
		Spelzweizen	Nacktweizen	
			normal	missbildet
Einkornreihe	<i>Triticum aegilopoides</i>	<i>Triticum monococcum</i>	wohl nicht gezüchtet	wohl nicht gezüchtet
Emmerreihe	<i>Triticum dicoccoides</i>	<i>Triticum dicoccum</i>	<i>Triticum durum</i> <i>Triticum turgidum</i>	<i>Triticum polonicum</i> nicht bekannt
Dinkelreihe	nicht bekannt	<i>Triticum spelta</i>	<i>Triticum compactum</i> <i>Triticum vulgare</i> <i>Triticum compactum</i> x <i>vulgare</i> = <i>T. capitatum</i>	nicht bekannt

Ende des 19. Jahrhunderts wusste man bereits um die Wildform der Kultur-gerste, nämlich *Hordeum spontaneum*. Die Ausgangsform des Kulturemmers war jedoch lange unauffindbar. Im Jahr 1885 entdeckte Friedrich Körnicke, Professor an der Landwirtschaftlichen Hochschule in Bonn- Poppelsdorf im Naturhistorischen Museum in Wien ein Herbar mehrerer Getreideähren, die von dem Österreichischen Botaniker Theodor Kotschy 1855 in Rasheyya am Berg Hermon im heutigen Libanon gesammelt und als Wildgerste, *H. spontaneum*, identifiziert worden waren. Bei einer dieser Ähren hatte Körnicke jedoch Zweifel und kam zu der Überzeugung, dass es sich nicht um Wild-gerste, sondern um ein Exemplar eines brüchigen Weizens handeln müsse. Unglücklicherweise sind Körnicke die damals im Wiener Museum gemachten Notizen abhanden gekommen. Vier Jahre später machte er sich erneut auf den Weg ins Wiener Museum und schaute sich das Herbar noch einmal genauer an. Er war nun ganz sicher, dass es sich bei einigen Ährchen um die Wildform des Emmers handelte.

Am 11. März 1889 berichtete Körnicke auf einer Tagung in Bonn zum ersten Mal öffentlich über seine Entdeckung. Heute wird diese Weizenart *Triticum turgidum* ssp. *dicocoides* (Körn. ex Asch. & Graebn.) Thell. genannt. Körnicke war der Überzeugung, dass der Weizen in Südwestasien entstanden sein musste, und schlug vor, die gesamte vorderasiatische Region bis nach Mesopotamien auf das Vorhandensein von Wildemmer zu untersuchen (Schweinfurth 1908). Seine Bemühungen, mit finanzieller Unterstützung der Akademien in Wien und Berlin eine Expedition nach Palästina zu schicken, um Wildemmerpflanzen lebend zu finden, blieben jedoch ohne Erfolg. Friedrich Körnicke starb am 16. Januar 1908 in Bonn.

Wenige Jahre vor Körnicke's Tod machten sich die Berliner Botaniker Georg Schweinfurth, Paul Ascherson und Otto Warburg dessen Vorstellungen zur Evolution des Weizens zu eigen und überzeugten den jungen Landwirt Aaron Aaronsohn, der aus Palästina stammte, im Jahre 1905 eine Expedition in das nördliche Galiläa zu unternehmen, um am Fuß des Berges Hermon erneut nach dem Wildemmer zu schauen (Aaronsohn und Schweinfurth, 1906); Schiemann, 1956). Aaronsohn blieb zunächst ohne Erfolg. Ein Jahr später gelang es Schweinfurth erneut, Aaronsohn zu einer weiteren Expedition nach Palästina zu bewegen. Und diesmal war Aaronsohn erfolgreich. In seinem Reisebericht aus dem Jahre 1905 notierte er: „Als ich nun am 18. Juni mit meinem treuen und stets hilfsbereiten Freund und Reisegenossen M. Bermann in den Weinbergen der jüdischen landwirtschaftlichen Kolonie Rosh-Pinar, bei Safed beschäftigt war, um ihm den eocänen Ursprung der Gegend zu beweisen, bemerkte ich in einer Spalte eines nummulitischen Kalkfelsens eine isoliert stehende Getreidepflanze, die auf den ersten Blick das Aussehen einer Gerstenart hatte, bei näherer Betrachtung sich aber als ein *Triticum* erwies, dessen Spindel brüchig war und dessen reife Ährchen sich bei der geringsten Erschütterung lockerten. Obwohl hiernach eigentlich gar kein Zweifel mehr bestehen konnte, wollte ich doch noch kein endgültiges Urteil fällen. Ich zögerte hiermit hauptsächlich deshalb, weil ich mir nicht vorstellen konnte, dass ein wilder Weizen so schön entwickelte Ähren und gut ausgebildete Samenkörner besitzen sollte“ (Aaronsohn 1909, 1913).

Merkwürdigerweise blieb diese Wildemmerpflanze in Rosh-Pinar ein Einzelstück. Auch in Rosheyya, wo der Botaniker Kotschy 50 Jahre vorher fündig geworden war, fand Aaronsohn keine weiteren Exemplare. Auf der Ostseite des Hermons jedoch, in der Umgebung der Ortschaft Arny in einer Höhe von 1500 bis 1700 m, zwischen dem Hermon und dem See Genezareth, an Weg-rändern und auf felsigem Gelände sowie in der Gegend um Giliad war Aaronsohn endlich am Ziel seiner Expedition

angekommen. Hier traf er auf Populationen von Wildemmer, die eine große Mannigfaltigkeit an Wuchsformen, Farbe, Form und Größe der Ähren aufwiesen, die ihn mit Erstaunen erfüllte. Er sammelte Ähren und Körner und schickte Samenmuster nach Deutschland, Österreich und in die USA, wo sie vermehrt und getestet wurden.

In der Tat war die Entdeckung der wilden Ausgangsform des Weizens ein großes Ereignis in jener Zeit, nicht nur für den Kulturpflanzenbau, sondern auch für die Philosophie. Hat man doch die Herkunft des Weizens, der Grundlage zur Herstellung von Brot, Ende des 19. Jahrhunderts mit der vermuteten Lage des Paradieses und mit der Herkunft des Menschen in Verbindung gebracht. Heute wissen wir, dass Wildemmer im gesamten so genannten ‚Fruchtbaren Halbmond‘, also in den Gebieten Israel, Jordanien, Syrien, Libanon, Osttürkei, Nordirak und Westiran (Harlan and Zohary, 1966) beheimatet ist.

In der Weizenzüchtung gilt *T. dicoccoides* als eine wertvolle genetische Ressource für hohen Kornproteingehalt, Resistenz gegen Blattkrankheiten wie Gelbrost, Schwarzrost, Braunrost und Mehltau sowie für Dürretoleranz. Da zwischen Wildemmer und anderen tetraploiden *Turgidum*- Arten Chromosomenhomologie vorliegt, lassen sich Gene über einfaches Crossing-over in Kulturarten wie Durumweizen übertragen. Auch der hexaploide Saatweizen besitzt neben seinem D- Genom von *Aegilops tauschii* das gleiche A- bzw. B- Genom wie der Wildemmer. *T. dicoccoides* und *T. aestivum* lassen sich ohne Schwierigkeiten miteinander kreuzen. Nach einer oder zwei Rückkreuzungen des pentaploiden Bastards mit Saatweizen können ebenfalls nützliche Gene aus dem Wildemmer in den hexaploiden Weizen übertragen werden.

Samen des von Aaronsohn in Palästina gefundenen Wildemmers gelangten unter anderem nach Wien, dorthin, wo die Entdeckung dieser Art durch Körnicke ihren Anfang nahm. Erich von Tschermak von der Hochschule für Bodenkultur in Wien war einer der ersten, der mit *T. dicoccoides* Kreuzungen aufnahm. Tschermak kreuzte die Wildart mit Saatweizen, Dinkel, Durumweizen, Kulturemmer und *Aegilops cylindrica*. Mit Ausnahme der *Aegilops*- Kreuzungen setzten die F₁- Bastarde Samen an, besaßen jedoch nur eine geringe Frosttoleranz (Tschermak 1913). Da sich die Aaronsohn'schen Emmerherkünfte zudem als sehr gelb- und braunrost-anfällig erwiesen, stellte Tschermak nach einigen Rückkreuzungen seine Arbeiten mit diesem Material ein (Tschermak 1929).

Nach den Untersuchungen von Tschermacks wurde es einige Jahrzehnte still um *Triticum dicoccoides*. Erst in den 70er Jahren des vergangenen Jahrhunderts erfuhr der Wildemmer eine Renaissance. Zunächst wurde man auf seine Gelbrostresistenz (Grama and Gerechter-Amitai, 1973; Peng et al. 1999) aufmerksam. Zwei gegenüber virulenten Isolaten von *Puccinia striiformis* sehr wirksame Resistenzgene sind beide auf Chromosom 1B lokalisiert. Gegenüber Mehltau wurden bislang sechs Resistenzgene in Wildemmer gefunden und in den Durumweizen bzw. den hexaploiden Saatweizen übertragen (Blanco et al. 2008). Unsere Gruppe in Weihenstephan hat in den vergangenen 15 Jahren mehrere Gene für Mehltau-resistenz aus Wildemmer in deutsche Weizenzüchtungstämme eingekreuzt. Dabei zeigte sich, dass diese Resistenzgene hochwirksam gegenüber europäischen Pathotypen von *Blumeria graminis* f. sp. *tritici* sind und alle auf Chromosom 2B lokalisiert sind (Mohler et al. 2005). Darüber hinaus fand man in *T. dicoccoides* Gene für Resistenz gegenüber Weizen- Braunrost (Dyck 1994), Schwarzrost (Bai and Knott, 1994), *Fusarium graminearum* (Buerstmayr et al. 2003; Nevo and Fahima, 2003), *Drechslera tritici repentis* und *Stagonospora nodorum* (Chu et al. 2008).

In den 70er Jahren wurden von der israelischen Gruppe um Moshe Feldman und Lydia Avivi hohe Proteingehalte in den Samen des Wildemmers entdeckt. In Populationen, die in Israel verbreitet sind, wurden Proteingehalte zwischen 19 und 28% festgestellt (Avivi et al. 1983). Die systematische Übertragung kompletter Chromosomen und einzelner Chromosomenarme in Form von Substitutionen in den Durumweizen und den Saatweizen soll die Vererbung des hohen Proteingehaltes aufklären und die Nutzung dieses Merkmals in der Züchtung möglich machen. Die nordamerikanische Arbeitsgruppe um R.G. Cantrell an der North Dakota State University in Fargo fand, dass die Wildemmerchromosomen 5B und 6B Majorgene für hohen Proteingehalt tragen (Steiger et al. 1996). Zur Zeit wird versucht, diese Gene in adaptiertes Zuchtmaterial zu übertragen. Auch Mesfin et al. (2000) konnten Gene für hohen Kornproteingehalt aus Wildemmer erfolgreich in Saatweizen einkreuzen. Noch stehen die genetischen Untersuchungen von *T. dicoccoides* am Anfang und Eigenschaften wie Resistenz gegen abiotischen Stress wurden bisher erst wenig in Augenschein genommen. So war es keine Überraschung, dass Refika et al. (1998), Nevo et al. (2002) und Peleg et al. (2005) verschiedene Herkünfte von Wildemmer entdeckt haben, die Gene für Dürretoleranz besitzen. Die hier erwähnten Merkmale machen Wildemmer schon jetzt zu einer bedeutenden Ressource zur züchterischen Verbesserung sowohl des tetraploiden Durumweizens als auch des hexaploiden Saatweizens (Feldman, 1977; Xie and Nevo, 2008).

In jüngster Zeit wurden molekular-genetische Untersuchungen in Kreuzungen zwischen *Triticum durum* und *Triticum dicoccoides* durchgeführt (Peleg et al. 2008). Unter Verwendung von mehr als 150 rekombinanten F₆-Linien, die auf Single seed-Auslese zurückgehen (RIL's) wurden 690 Genloci, einschließlich 197 Mikrosatelliten und 493 Dart's (Diversity Arrays technology) analysiert. Die Marker konnten 14 Kopplungsgruppen, entsprechend den 14 Chromosomenpaaren des tetraploiden Weizens (2n = 4x = 28), zugeordnet werden. 60% der Marker, das heißt, durchschnittlich 57 je Chromosom, wurden im B-Genom, 40% der Marker, ca. 39 je Chromosom im A-Genom kartiert. Die Karte setzt sich aus 307 Markern zusammen mit einer Gesamtlänge von 2.317 cM (centiMorgan). Das entspricht einer durchschnittlichen Entfernung von 2.5 cM zwischen benachbarten Markern. Die Karte eignet sich hervorragend als Grundlage für zukünftige QTL-Analysen im tetraploiden Weizen sowie für eine Marker-gestützte Selektion von Resistenzen gegenüber biotischen und abiotischen Stressfaktoren.

Literatur

- Aaronsohn, A., 1909: Über die in Palästina und Syrien wildwachsend aufgefundenen Getreidearten. Verh. k.k. zool. Bot. Ges. Wien, 59, 485-509.
- Aaronsohn, A., 1913: The discovery of wild wheat. City Club Bull., Publ. Chicago 6, 167-173.
- Aaronsohn, A. und G. Schweinfurth, 1906: Die Auffindung des wilden Emmers (*Triticum dicoccum*) in Nordpalästina. Altneuland 7-8, 213-220.
- Avivi, L. 1978: High grain protein content in wild tetraploid wheat *Triticum dicoccoides* Körn. In: S. Ramanujam (ed.) 5th. Intern. Wheat Genet., Symp., New Delhi, India, pp. 372-380. Indian Soc. Genet. Plant Breed., Indian Agr. Res. Institute, New Delhi
- Bai, D. and D.R. Knott, 1994: Genetic studies of leaf and stem rust resistance in six accessions of *Triticum turgidum* var. *dicoccoides*. Genome 37, 405-409.
- Buerstmayr, H., M. Stierschneider, B. Steiner, M. Lemmens, M. Griesser,
- Chu, C.G., S.S. Xu, J.D. Faris, E. Nevo and T.L. Friesen, 2008: Seedling resistance to tan spot and *Stagonospora nodorum* leaf blotch in wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*). Plant. Dis. 92, 1229-1236.
- Blanco, A., A. Gadaleta, A. Cenci, A.V. Carluccio, A.M.M. Abdelbacki and R. Simeone, 2008: Molecular mapping of the novel powdery mildew gene Pm36 introgressed from *Triticum turgidum* var. *dicoccoides* in durum wheat. Theor. Appl. Genet. 117, 135-142.

- Chu, C.-G., S.S. Xu, J.D. Faris, E. Nevo and T.L. Friesen, 2008: Seedling resistance to tan spot and Stagonospora leaf blotch in wild emmer wheat (*Triticum dicoccoides*). Plant Dis. 92, 1229-1236.
- Dyck, P.L., 1994: The transfer of leaf rust resistance from *Triticum turgidum* ssp. *dicoccoides* to hexaploid wheat. J. Plant Sci. 74, 671-673.
- Feldman, M., 1977: Historical aspects and significance of the discovery of wild wheats. Stadler Symp. 9, 121-146.
- Grama, A. and Gerechter-Amitai, 1973: Inheritance of resistance to stripe rust (*Puccinia striiformis*) in crosses between wild emmer and cultivated tetraploid and hexaploid wheats. II. *Triticum aestivum*. Euphytica 23, 393-398.
- Harlan, J.R. and D. Zohary, 1966: Distribution of wild wheat and barley. Science 153, 1074-1080.
- Körnicker, F., 1889: Über *Triticum vulgare* var. *dicoccoides*. Bericht über den Zustand und die Tätigkeit der Niederrheinischen Gesellschaft für Natur- und Heilkunde während des Jahres 1888 (1889), p. 21.
- Körnicker, F. und H. Werner, 1885: Handbuch des Getreidebaus. Paul Parey, Berlin.
- Linnaeus, C., 1753: Species plantarum, Stockholm.
- Mesfin, A., R.C. Froberg, K. Khan and T.C. Olson, 2000: Increased grain protein and its association with agronomic and end-use quality in two red spring wheat populations derived from *Triticum turgidum* L. var. *dicoccoides*. Euphytica 116, 237-242.
- Mohler, V., F.J. Zeller, G. Wenzel, and S.L.K. Hsam, 2005: Chromosomal location of genes for resistance to powdery mildew in common wheat (*Triticum aestivum* L. em Thell.). 9. Gene MIZec1 from the *Triticum dicoccoides* derived wheat line Zecoi-1. Euphytica 142, 161-167.
- Nevo, E. and T. Fahima, 2003: Variation for resistance to head blight caused by *Fusarium graminearum* in wild emmer (*Triticum dicoccoides*) originating from Israel. Euphytica 130, 17-23.
- Nevo, E., A.B. Korol, A. Beiles and T. Fahima, 2002: Evolution of wild emmer and wheat improvement, Springer, Berlin.
- Peleg, Z., T. Fahima, S. Abbo, T. Krugman, E. Nevo, D. Yakir and Y. Saranga 2005: Genetic diversity for drought resistance in wild emmer wheat and its ecogeographical associations. Plant Cell Environment 28, 176-191.
- Peng, J.H., T. Fahima, M.S. Röder, Y.C. Li, A. Dahan, A. Grama, Y.L. Ronin, A.B. Korol and E. Nevo, 1999: Microsatellite tagging of the stripe-rust resistance gene YrH52 derived from wild emmer wheat, *Triticum dicoccoides*, and suggestive negative crossover interference on chromosome 1B. Theor. Appl. Genet. 98, 852-872.
- Refika, D., M.M. Nachit, J.L. Araus and P. Monneveux, 1998: Effects of water deficit on photosynthetic rate and osmotic adjustment in tetraploid wheats. Photosynthetica 35, 129-138.
- Sakamura, T. 1918: Kurze Mitteilung über die Chromosomenzahlen und die Verwandtschaftsverhältnisse der *Triticum*- Arten. Bot. Mag. Tokyo 32, 151-154.
- Schiemann, E. 1956: Fünfzig Jahre *Triticum dicoccoides*. Aaronsohns Entdeckung des Wildemmers einst und jetzt. Ber. Deutsch. Bot. Ges. 69, 309-322.
- Schulz, A. 1913: Die Geschichte der kultivierten Getreide, Band I, Neberts Verlag, Halle
- Schweinfurth, G. 1908: Über die von A. Aaronsohn ausgeführten Nachforschungen nach dem wilden Emmer (*Triticum dicoccoides* Kcke). Ber. Deutsch. Bot. Ges. 26, 309-324.
- Steiger, D.K., E.M. Elias and R.G. Cantrell, 1996: Evaluation of lines derived from wild emmer chromosome substitutions. I. Quality traits. Crop Sci. 36, 223-227.
- Tschermak, E. von 1913: Über seltene Getreidebastarde. Beiträge zur Pflanzenzucht 3, 49-61.
- Tschermak, E. von 1929: Über seltene Weizen- und Haferbastarde und Versuche ihrer praktischen Verwertung. Beiträge zur Pflanzenzucht 10, 74-93.
- Xie, W. and E. Nevo, 2008; Wild Emmer: genetic resources, gene mapping and potential for wheat improvement. Euphytica, online.
- zeller@wzw.tum.de

Neue Ergebnisse zur genetischen Struktur des 1RS-Chromosoms

Ein Zwischenbericht

T. Lelley

Einleitung

Die 1BL.1RS Translokation findet man heute weltweit in hunderten von Weizensorten. Oft ist ihre Anwesenheit im Zuchtmaterial nicht bekannt, die Selektion von Translokationssorten erfolgt oft unbewusst, offensichtlich wegen der vorteilhaften Wirkung des 1RS-Chromosoms auf agronomische Eigenschaften. Deshalb kann man heute das 1RS Chromosom als Teil des Weizen-Genpools betrachten.

Während die Übertragung des kompletten 1R-Chromosoms und seines später daraus abgeleiteten, kurzen Schenkels, 1RS, in den Weizen in den 1940er Jahren in Deutschland erfolgte (ZELLER 1973), verdankt 1RS seine weltweite Verbreitung den beiden russischen Weizensorten Aurora und Kavkas. Sie wurden aus Kreuzungsnachkommenschaften mit der DDR-Sorte Neuzucht (aus der Hinterlassenschaft von Riebesel) von P.P. Lukyanenko in Krasnodar gezüchtet. Diese beiden Sorten wurden in den 1970er Jahren von CIMMYT häufig zu Kreuzungen verwendet. So fand 1RS über CIMMYT-Zuchtmaterial seine weltweite Ausbreitung.

Seither beschäftigte sich eine große Zahl von Publikationen mit den Vorzügen, aber auch mit den nachteiligen Konsequenzen, vor allem auf die Backqualität, der Präsenz von 1RS im Weizen (LELLEY et al. 2004).

1R und noch mehr 1RS kompensiert vollständig die Abwesenheit des Chromosoms 1B und dessen kurzen Schenkels, 1BS. Allein dadurch beweist es seine nahe genetische Verwandtschaft mit der homoeologen Gruppe 1 des Weizens. Wie molekulargenetische Untersuchungen zeigen, ist 1R das einzige Roggen-Chromosom, das innerhalb des Roggen-Genoms, seit der Trennung des Roggens vom Weizen, in seiner Evolution keine Umbauten, vor allem Translokationen, im Vergleich zu den homoeologen Weizenchromosomen erfahren hat (DEVOS et al. 1993).

Es gibt mehrere Methoden mit denen die Anwesenheit des 1RS-Chromosoms in Weizen nachgewiesen werden kann. Eine elegante, moderne cytologische Nachweismethode ist die genomische in situ-Hybridisierung (Abb. 1a). Eine andere ist die Protein-Elektrophorese, A-PAGE, mit der die Speicherproteine der Gruppe der Gliadine und Secaline gezeigt werden können (Abb. 1b). Letztere Methode lässt erkennen, dass die Secaline, die in 1RS von einer größeren Anzahl Genen kodiert werden, in allen Translokationssorten weitgehend die gleichen sind (NAGY et al. 2003). Durch seinen singulären Ursprung (SCHLEGEL and KORZUN 1997) zeigt 1RS kaum genetische Variabilität.

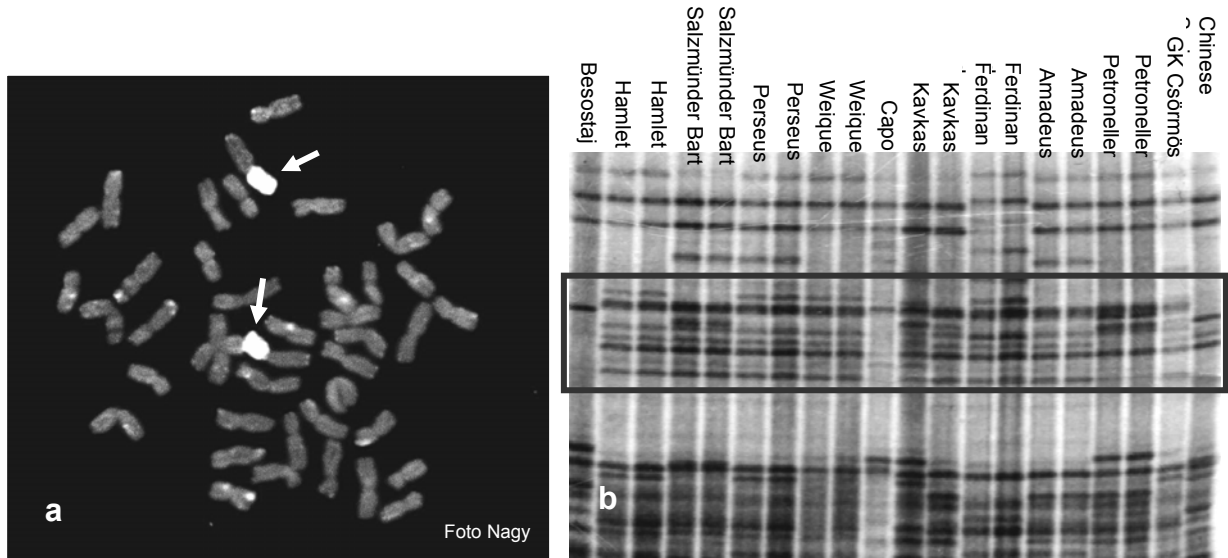


Abb. 1: Nachweis von 1RS im Weizen-Genom: durch in situ-Hybridisierung mit genomischer DNA (a) und durch Nachweis der monomeren Speicherproteine, Gliadine bzw. Secaline (im Kasten) mittels Protein-Elektrophorese (b). Ferdinand war eine Weizensorte in Österreich mit einer kompletten 1R-Substitution, Petroneller ist eine österreichische Roggensorte.

Molekulare Untersuchungsmethoden des 1RS

Die ersten genetischen Kartierungspopulationen in denen PCR-nachweisbare STS- (sequence tagged site) Marker kartiert wurden haben wir in Tulln entwickelt. Die Marker fanden wir alle auf dem Satelliten, oder nahe der NOR-Region am Kurzen Schenkel von 1RS (NAGY et al. 2003). Dagegen fanden wir Marker, die wir auf der Basis von Retro-Sequenzen entwickelt haben, so genannte S-SAP- (sequence-specific amplified polymorphic) Marker, gleichmäßig auf dem 1RS-Chromosom verteilt (NAGY and LELLEY 1993). Dies brachte uns auf die Idee SSR-Marker spezifisch für 1RS zu entwickeln.

Der wesentlichste Schritt in der Erforschung der molekularen Struktur des 1RS-Chromosoms war die Isolierung von 1RS-spezifischer DNA aus flow sortierten 1RS-Chromosomen. Dies erfolgte auf meine Anregung im Labor von Jaroslav Doležel in Olomouc (ŠIMKOVA et al. 2008). Aus cytologisch kontrollierten Chinese Spring/Imperial-ditelo-1RS Samen, die in Tulln selektiert wurden, gelang es seiner Arbeitsgruppe zunächst die leichte „Sortierbarkeit“ des 1RS durch flow-sorting zu zeigen (Abb. 2). Die für eine ausreichende DNA-Menge erforderlichen ca. 5 Millionen 1RS-Chromosomen wurden aus Wurzelspitzen von ca. 15.000 Samen von ditelocentrischen 1RS-Pflanzen isoliert (Abb. 3.).

Additionslinien verlieren leicht eines der beiden addierten Chromosomen. Nachkommen einer solchen monosomen Pflanze produzieren nur nullisome oder monosome Samen. Eine Chromosomensuspension aus den Wurzelspitzen solcher Samen enthält nicht die für den Nachweis nötige Anzahl gewünschter Chromosomen.

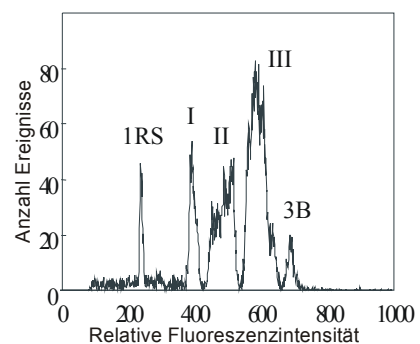


Abb. 2: Das 1RS-Chromosom, als kürzeste in der Additionslinie, ist klar getrennt vom Rest des Genoms.



Abb. 3: C-Mitose einer Chinese Spring/Imperial ditelozentrischen Additionspflanze

Das 1RS-Chromosom macht ca. 5.6% des gesamten Roggen-Genoms aus. Mit der 1RS-spezifischen DNA wurde im Labor von Jaroslav Dolezel eine 1RS-spezifische BAC-Bibliothek mit 103.680 Klonen hergestellt. Die Klone haben eine durchschnittliche Größe von 73 kb. Wenn die Schätzung von 442 Mbp für den DNA-Gehalt von 1RS stimmt, bedeutet das eine 14 fache Abdeckung von 1RS (ŠIMKOVA et al. 2008). Diese 1RS-BAC-Bibliothek war eine der ersten, so genannten sub-genomischen, DNA-Bibliotheken, die nur einen spezifischen Teil eines Genoms enthalten. Die Anwendung von ditelozentrischen Linien war zukunftsweisend für die Sequenzierung des gesamten Weizen-Genoms. Zur Zeit erfolgt in Seibersdorf, im Labor von Kornel Burg, das Fingerprinting dieser BAC-Bibliothek, das die Zusammenfügung der Fragmente zu Contigs gewährleisten soll.

Die 1RS-BAC-Bibliothek ermöglicht unter anderem (1) die Untersuchung der molekularen Struktur des Roggen-Genoms, (2) das Studium der Evolution der Tribus Triticeae, und (3) die Klonung agronomisch wichtiger Gene.

Der ursprünglichen Idee folgend, hat die 1RS-spezifische DNA auch die Isolierung von 1RS-spezifischen SSR-Markern und deren physikalische und genetische Kartierung möglich gemacht (KOFLEK et al. 2008, RESCH et al. 2008).

Zur Isolierung und Klonierung von SSR-haltigen Fragmenten wurden diese mit Biotin-markierten, kurzen SSR-Sequenzen angereichert und mit, mit Streptavidin überzogenen, magnetischen Kügelchen herausgefischt. Insgesamt haben wir 1290 *clon-inserts* aus SSR-angereicherten Bibliotheken mit den Motiven: AG, AC, AAC und AAG sequenziert und auf das Vorhandensein der erwarteten SSR-Sequenzen analysiert. Zuletzt wurden für 569, vermutlich 1RS-spezifische, SSR-Sequenzen Primer entworfen und getestet. Der Abrieb (Attritions) von bestellten Primerpaaren bis zu kartierten 1RS-spezifischen Primern war sehr hoch. Nur ca. 10% (57) der untersuchten Primer-Paare erwiesen sich 1RS spezifisch und polymorph in den von uns benutzten zwei Kartierungspopulationen.

Zur Maximierung der Anzahl polymorpher Loci haben wir für die genetische Kartierung der SSR-Marker zwei F2-Kartierungspopulationen benutzt. Diese wurden uns von Herrn Dr. Hackauf (Großlüsewitz) zur Verfügung gestellt. Sie wurden durch die

Kreuzung zweier Roggen-Inzuchtlinien mit der gleichen dritten Inzuchtlinie erstellt. Beide F₂-Populationen enthielten je 96 F₂-Einzelpflanzen. In der Kombination SP3xHy2 konnten 38, in der Kombination SP4xHy2 24 Marker ausgewertet werden. Die Kartierung erfolgte mit der Software CarthaGène 1.0, das Minimum-LOD-Score wurde mit 3, die maximale Rekombinationshäufigkeit mit 30% festgesetzt. Die genetische Distanz zwischen Markern (cM) wurde mit der Kosambi-Funktion berechnet (Fig. 4). Die vorläufige, integrierte 1RS-SSR-Karte enthält 22 SSR-Loci (nicht gezeigt).

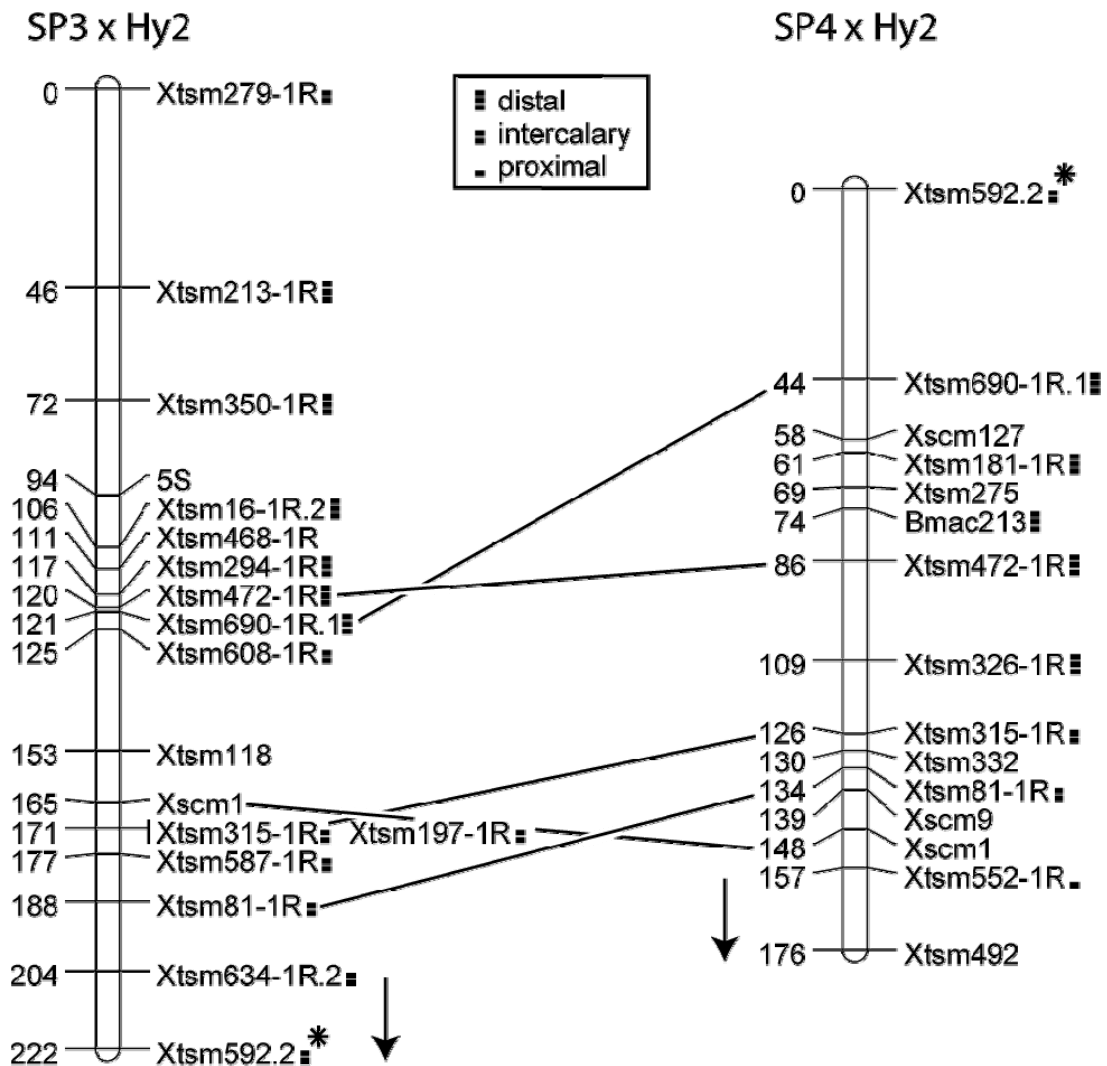


Abb. 4: Die beiden genetischen Karten enthalten insgesamt 27 SSR-Loci. Die genetischen Distanzen (cM) sind auf der linken Seite, die Namen der SSR-Loci auf der rechten Seite der beiden Karten eingetragen. Durchgezogene Linien verbinden identische Loci. Die Position des Centromers ist mit Pfeil angezeigt. Die Symbole nach den Markern verweisen auf ihre physische Position in einem der drei Bins von FRIEBE et al. (2000).

Neben den zwei 1RS-Deletionslinien von Friebe et al. (2000), welche drei Bins ergeben, sind weitere 8 1RS-Deletionslinien im Labor von Prof. T. Endo, Kyoto University, entwickelt worden (TSUCHIDA et al. 2008). Bins entstehen durch Verlust

von Teilen eines Chromosoms. Unterschiedlich große Deletionen machen eine physische Unterteilung eines Chromosomenschenkels möglich. Eine PCR-Reaktion mit DNA einer Deletionslinie, die nicht das erwartete Amplifikationsprodukt liefert, deutet darauf hin, dass die fehlende Sequenz auf dem fehlenden Chromosomenabschnitt liegt. Die Bin-Kartierung aller SSR Marker, die auf 1RS einen Locus haben, erfolgte mit Hilfe dieser Deletionslinien (Abb. 5).

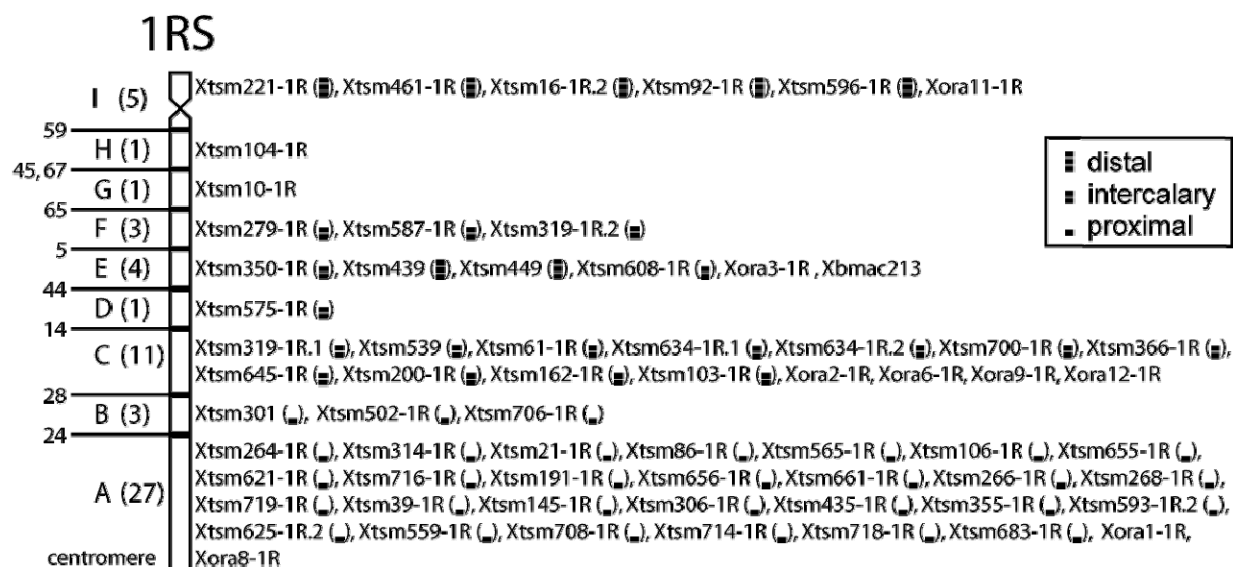


Abb. 5: Die Zuordnung der Marker in die Endo-Bins stimmt sehr gut mit deren Zuordnung zu den Friebe-Bins überein.

Diese Marker sind on-line erhältlich in KOFLER et al. (2008) Theor Appl Genet; DOI 10.1007/s122-008-0831-2 (open access) oder unter der E-mail Adresse: tamas.lalley@boku.ac.at

Ausblick

Am 11. Int. Wheat Genetics Symposium in Brisbane kündigte Prof Endo an, dass in seinem Labor weitere 20 1RS-Deletionslinien entwickelt worden waren. Diese werden uns zur Verfügung gestellt. Veronika Resch wird in Tulln die erneute Bin-Kartierung aller 1RS-spezifischen SSR-Marker vornehmen.

In der Arbeitsgruppe von Stefan Taudien, Leibniz Institute für Age Res., FLI Genome Analyse, Jena, werden ca. 200 Mb 1RS-spezifische DNA 454-sequenziert.

Die Sequenzen werden in der Arbeitsgruppe Burg, in Seibersdorf, von Dieter Kopezki (Bioinformatiker) auf ihre Zusammensetzung analysiert. Unter anderem werden damit auch alle SSR-Sequenzen erfasst.

Veronika Resch wird in Tulln anhand der Sequenzinformationen neue 1RS-spezifische SSR-Sequenzen entwickeln.

In der Arbeitsgruppe Burg, Seibersdorf, wird an, in Olomouc spezifisch dafür isolierter, 1RS-DNA eine High C+G patch- (HCGP) Filtration durchgeführt. Diese Methode zur Isolierung genreicher Sequenzen wurde kürzlich in Seibersdorf entwickelt.

Es ist schließlich geplant, gemeinsam mit dem Barlex Consort eine vergleichende Analyse zwischen 1RS und 1H durchzuführen.

Wer ist am Projekt beteiligt, bzw. Danksagung

Die SSR-Entwicklung, SSR-Kartierung und die 454-Sequenzierung wurde, bzw. wird, aus dem FWF (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung) Projekt No.: P 18414-B14 finanziert.

Die Entwicklung der SSR-Sequenzen und die ersten Bin-Kartierungen wurden in Tulln, im Rahmen seiner Doktorarbeit, von Herrn Robert Kofler gemacht. Unter seiner Anleitung hat Veronika Resch die erste SSR-Karte von 1RS erstellt und die weitere Bin-Kartierung mit den Deletionslinien von Endo durchgeführt.

Jaroslav Doležel und seine Gruppe in Olomouc, Tschechische Republik; hat 1RS sortiert, die 1RS-BAC-Bibliothek erstellt, und 1RS-spezifische DNA zum Angeln von SSRs und für die HCGP-Filtration bereitgestellt.

Kornel Burg und Maria Berényi, in Seibersdorf, führen derzeit das Fingerprinting der BAC-Bibliothek durch. Sie sind uns bei der Aufstellung des Systems zum Angeln von SSRs in Tulln und durch viele hilfreiche Diskussionen stets zur Seite gestanden.

Bernd Hackauf, Großlüsewitz, hat uns die Roggen-Kartierungspopulationen zur Verfügung gestellt und zur Kartierung sehr nützliche Diskussionsbeiträge geleistet.

Die ditelo-1RS-Linie und die ersten 1RS-Deletionslinien haben wir von Bernd Friebe, Manhattan, Kansas, USA, erhalten

Takashi Endo, Kyoto, hat uns seine erste Generation von 1RS-Deletionslinien überlassen und wird nun auch die zweite Generation für die Bin-Kartierung von 1RS-SSRs, -ESTs und -BACs zu Verfügung stellen.

Literatur

Friebe, B., R.G. Kynast, and B.S.Gill, 2000. Gametocidal factor-induced structural rearrangements in rye chromosomes added to common wheat. *Chromosomes Res.* 8: 501-11.

Devos, K.M., M.D. Atkinson, C.N. Chinoy, H.A. Francis, R.L. Harcourt, R.M.D. Koebner, C.J. Liu, P. Masojć, D.X. Xie, and M.D. Gale, 1993. Chromosomal rearrangements in the rye genome relative to that of wheat. *Theor Appl Genet*, 85: 673-680.

Kofler, R., L. Gong, G. Stift, H. Simková, P. Suchánková, J. Bartoš, J. Doležel, K. Burg, M. Berényi, and T. Lelley, 2008. Development of Microsatellite markers specific for the short arm of rye (*Secale cereale* L.) chromosome 1. *Theor. Appl. Genet.* Doi:10.1007/s00122-008-0831-2

Lelley, T., Ch. Eder, and H. Grausgruber, 2004. Influence of the 1BL.1RS chromosome translocation on genotype by environment interaction of wheat. *J. Cereal Sci.* 38: 313-320.

Nagy, E. D., and T. Lelley, 2003. Genetic and physical mapping of sequence specific amplified polymorphic (SSAP) markers on the 1RS chromosome arm of rye in a wheat background, *Theor. Appl. Genet.*, 107, 1271-1277.

Nagy E. D., Ch. Eder, M. Molnar-Lang, and T. Lelley, 2003. Genetic mapping of sequence-specific PCR-based markers on the short arm of the 1BL.1RS wheat-rye translocation. *Euphytica*, 132, 243-250.

Resch, V. R. Kofler, and T. Lelley, 2008 A genetic and physical map of the short arm of rye chromosome 1 (1RS). *Proc. 11th Int. Wheat Genetic Symp. Brisbane* (in press).

Schlegel, R. and V. Korzun, 1997. About the origin of 1RS.1BL chromosome translocation from Germany. *Plant Breeding* 116: 537-540.

Šimková, H., J. Šafař, P. Suchánková, P. Kovářová, J. Bartoš, M. Kubaláková, J. Janda, J. Čihalíková, R. Mago, T. Lelley and J. Doležel, 2008. A novel resource for genomics of Triticeae: BAC library specific for the short arm of rye (*Secale cereale* L.) chromosome 1R (1RS), *BMC Genomics* 9: 237. doi:10.1186/1471-2164-9-237

Tsuchida. M., T. Fukushima, S. Nasuda, A. Masoudi-Nejad, G. Ishikawa, T. Nakamura, and T.R. Endo, 2008. Dissection of rye chromosome 1R in common wheat. *Genes Genet. Syst.* 83: 43-53.

Zeller, F.J. 1973. 1B/1R wheat-rye chromosomal substitution and translocations. 4th Int. Wheat Genet. Symp. Columbia, Missouri, USA. (Eds.) Sears, E.R. and Sears, M.S., pp 209-221.

Wie schaffen Weizenzüchter genetische Variabilität für die Sortenentwicklung und den Züchtungsfortschritt?

R. Schachschneider

Einleitung

Die Variabilität der Ausprägung der zahlreichen wertbestimmenden Eigenschaften im Zuchtmaterial bildet den Ausgangspunkt der Selektion. Der Züchter muss die phänotypische und die dieser zugrunde liegende genetische Variabilität

- planen, soweit das möglich ist (Ausgangsmaterial);
- erzeugen (Kreuzungsstrategie, -pläne);
- in divergenten Pflanzen fixieren (Populationen);
- durch geeignete Methoden erfassen, bewerten und selektieren;
- nach einem amtlichen Verfahren zur Zulassung bringen (Sorte).

1. Züchtungsabläufe und -verfahren

Die Entwicklung neuer Weizensorten bis hin zu deren Anbau auf den Feldern ist trotz einiger „neuer Techniken“ ein langwieriger Prozess (11-13 Jahre), der vorfinanziert werden muss. Mit Sorten, deren Züchtung 2009 begonnen wird, können erst ab 2022 nennenswerte Lizenzeinnahmen erzielt werden. Wir gliedern den Züchtungsprozess wie folgt:

1. Schaffung und (erste) Selektion genetischer Variabilität (ca. 3 Jahre): Kreuzung, Erzeugung von Populationen aus spaltenden (Pedigree-Methode; PD) oder homozygoten (Doppelhaploid-Methode; DH) Pflanzen.
2. Selektion "besserer" Stämme (2-3 Jahre, je 5-10 Orte): Screening- u. Prüfverfahren für Gesundheit, Qualität, agronomische Merkmale.
3. Leistungsprüfungen (2 Jahre, 3-12 Orte): Kornertrag, Stresstoleranz, Test auf alle wichtigen Merkmale, nationale und internationale Eignung.
4. Offizielle Prüfungen (4-5 Jahre): Wertprüfung des Bundessortenamtes (3 Jahre), diverse Landes- und regionale Versuche (2 Jahre).

Auch die Weizenzüchtung ist heute „mobil“, d.h. das Screening und die Prüfungen erfolgen an zahlreichen (repräsentativen) Orten in Deutschland sowie in den potenziellen Anbaugebieten in Europa und Übersee.

Bei den Selektionsentscheidungen des Züchters können bis zu 35 Merkmale und bei der staatlichen Sortenzulassung ca. 20 Merkmale wichtig sein. Die wertbestimmenden Eigenschaften gliedern sich in vier Komplexe (Ertrag und Ertragskomponenten, Qualitätsmerkmale, agronomische Merkmale, Resistenzeigenschaften).

Vor einer Zulassung muss die Sorte in der amtlichen Prüfung ihren „landeskulturellen Wert“ nachweisen. Dieser ist dann gegeben, wenn die Sorte in der "Gesamtheit ihrer wertbestimmenden Eigenschaften" einen "Fortschritt" gegenüber allen zugelassenen vergleichbaren Sorten erwarten lässt.

Die konkreten Züchtungsmethoden beeinflussen maßgeblich die entstehende und die nutzbare genetische Variabilität. So wird teilweise die DH-Methode kritisiert, sie schöpfe (bei Verwendung von Kreuzungskörnern) die Rekombinationsmöglichkeiten (infolge von Crossing over) nicht aus und führe so zu geringerer genetischer Variabilität. Andererseits ist die in den DH-Linien vorhandene Variabilität im Zuchtgarten wesentlich besser sichtbar und selektierbar als bei der PD-Methode. Insgesamt ge-

sehen, führt somit die DH-Methode nach unserer Erfahrung zu einer deutlich größeren züchterisch nutzbaren Variabilität des Zuchtmaterials.

2. Über den Züchtungsfortschritt

Hier sind alle wesentlichen Merkmale, nicht nur der Kornertrag, zu betrachten. Züchtungsfortschritt ist mehr als die Differenz zwischen einer alten und neuen Sorte! Er beinhaltet die "Kompensation des Abbaues" und das "Hinzufügen von Verbesserungen".

Zur Analyse des Kornertrages wurden die amtlichen Prüfergebnisse von über 250 Sorten ausgewertet, die ab 1980 (Prüfungsperiode 1977-1979) zugelassen und in die Sortenliste eingetragen wurden. Die Daten sind vergleichbar, weil das Prüfungsschema (extensive und intensive Stufe) bis heute beibehalten wurde. Jede Sorte wird durch 1 Punkt repräsentiert. Dieser geht auf ca. 100 Ergebnisse zurück, die in den 3 Prüffahren an insgesamt ca. 50 Orten jeweils in 2 Stufen (extensiv und intensiv) gewonnen wurden. Die Auswertung von 1979 bis 2007 zeigt eine starke Variation in Abhängigkeit von der dreijährigen Prüfperiode und einen starken (mittleren) Ertragszuwachs von ca. 1% je Jahr (Abb. 1 u. 2). Der absolute Ertrag stieg in allen Qualitätsgruppen (QG) stark an, z.B.:

- QG A: 1980-Kanzler 72dt/ha, 2002-Tommi 97dt/ha, 2007-Jenga 94dt/ha.
- QG B: 1980-Granada 73dt/ha, 1993-Ritmo 91dt/ha, 2006-Mulan 97dt/ha.
- QG C: 1980-Marksman 73dt/ha, 1990-Contra 89dt/ha, 2004-Herrman 92dt/ha.
- Hybridweizen: 1999-Hybnos(C) 104dt/ha, 2001-Hybrid(B) 96dt/ha.

Vergehen von der Kreuzung bis zur Zulassung über 10 Jahre, muss der Züchter eine genetische Variabilität erzeugen, die es ihm (im vorgegebenen Prüfungsschema) ermöglicht, einen Ertragszuwachs von mindestens 10% gegenüber dem Kreuzungsjahr zu erreichen. Dies ist eine sehr hohe Anforderung.

Abb. 1: Kornertrag in der Qualitätsgruppe A von 1979 bis 2007

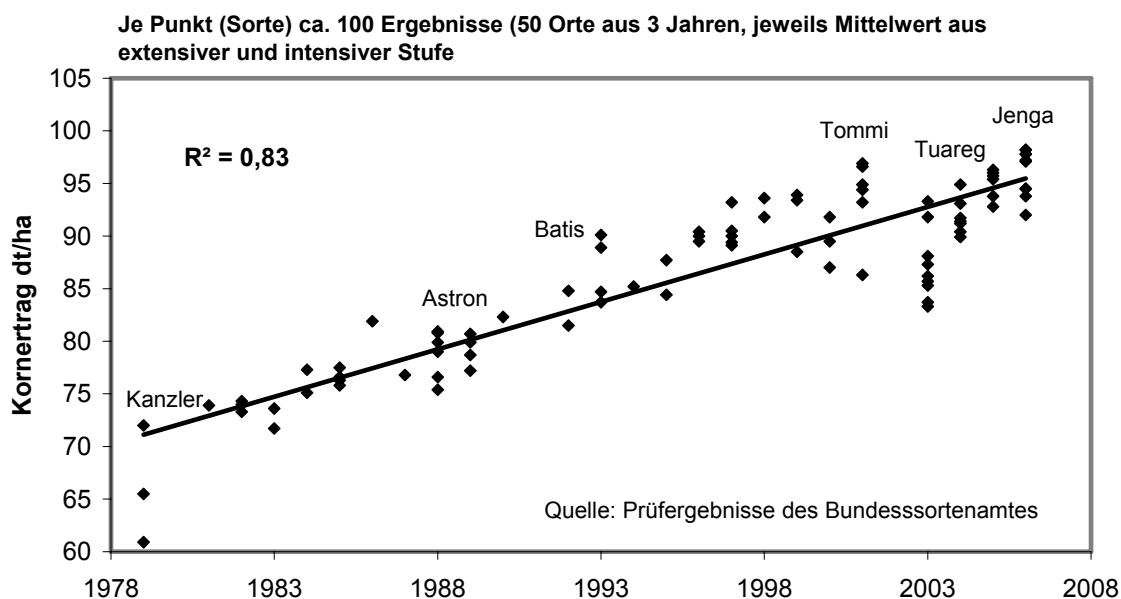


Abb. 2: Kornertrag in der Qualitätsgruppe B von 1979 bis 2007

Je Punkt (Sorte) ca. 100 Ergebnisse (50 Orte aus 3 Jahren, jeweils Mittelwert aus extensiver und intensiver Stufe)

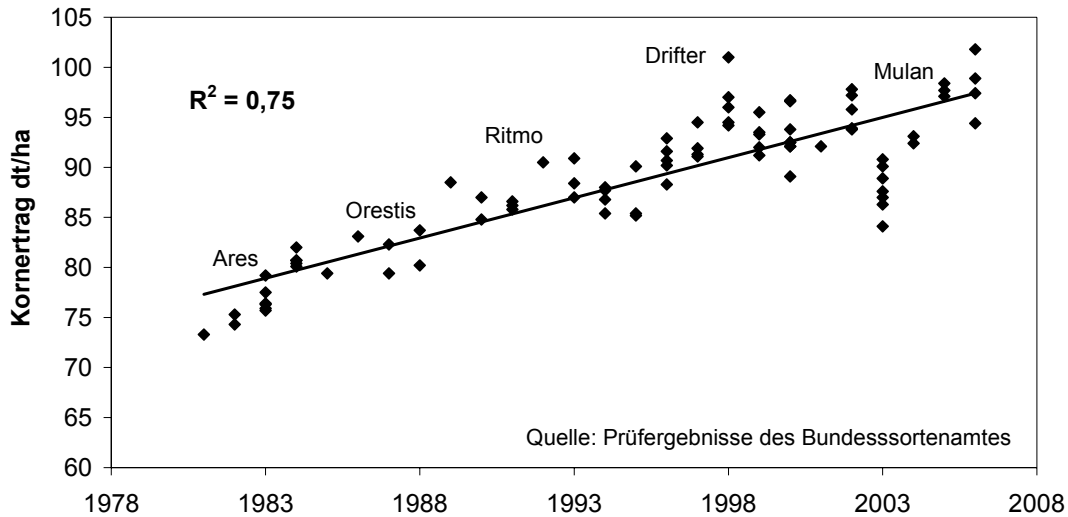
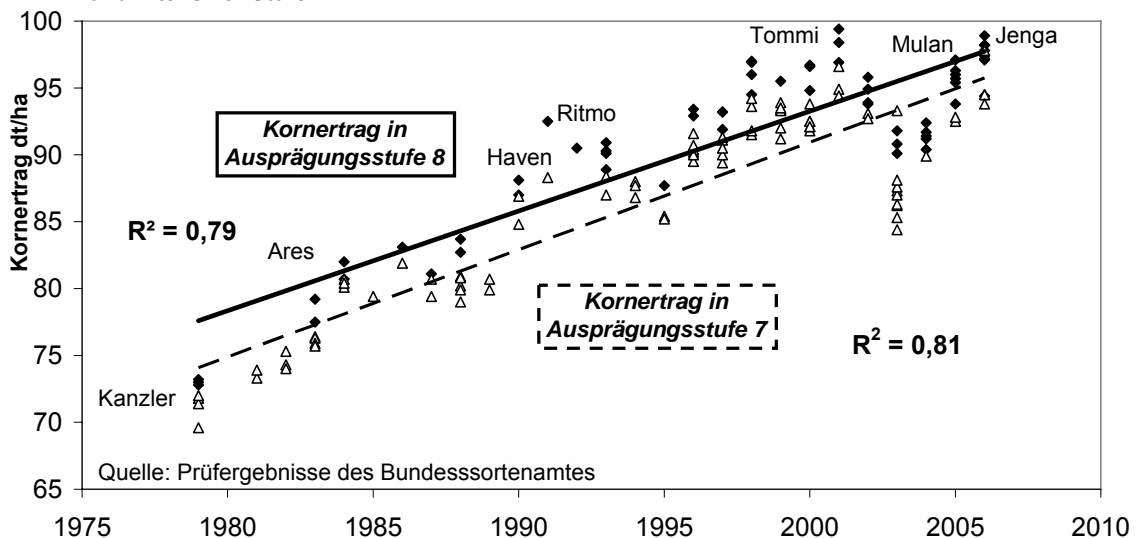


Abb. 3: Kornertrag in Ausprägungsstufe 7 und 8 von 1979 bis 2007

Je Punkt (Sorte) ca. 100 Ergebnisse (50 Orte aus 3 Jahren, jeweils Mittelwert aus extensiver und intensiver Stufe)



Da die amtlichen Ausprägungsstufen (APS) auf den Bereich von 1 bis 9 beschränkt sind, nahm der Kornertrag, der bei den jeweiligen APS erreicht wurde, stark zu (Abb.3); dieser Trend besitzt ein hohes Bestimmtheitsmaß. Das zeigt sich z.B. bei der APS 7 für den Kornertrag, für die im Jahre 1980 74,4dt/ha und im Jahre 2004 93,7dt/ha erreicht werden mussten.

Die genetisch fixierten Eigenschaften einer Sorte verändern sich selbstverständlich nicht mehr. Trotzdem können sich die amtlichen Ausprägungsstufen (APS) zugelassener Sorten im Verlaufe der Jahre ändern. Um dies zu zeigen, wurden die APS von 11 bedeutenden Sorten im Jahr ihrer Zulassung und bei Ablauf ihrer Eintragung in die Beschreibende Sortenliste, d.h. am „Anfang“ und „Ende“ ihrer

Lebenszeit, ausgewertet (Tab.1). Im Mittel hatten diese Sorten eine Lebensdauer von 13,3 Jahren, eine Vermehrungsfläche von 43.000ha und eine Anbaufläche von 1,3 Mio ha.

Zu ihrem Ende hin wurde der Kornertrag dieser Sorten um 2,3 APS niedriger eingestuft (Tab.1, s. Spalte „Abbau?“ = Differenz der Spalten „Anfang“ und „Ende“), bedingt durch die Anpassung der APS-Grenzen an den Ertragszuwachs der inzwischen neu zugelassenen Sorten. Dementsprechend werden die Kornertrags-APS zugelassener Sorten im Verlaufe der Jahre reduziert.

Bei den Krankheiten bleibt das Boniturschema weitestgehend unverändert. Bei den ausgewerteten Sorten zeigt sich besonders gegenüber pilzlichen Erkrankungen (Mehltau, Blattseptoria, Gelbrost, Braunrost, Spelzenbräune) eine zunehmende Anfälligkeit bzw. abnehmende Resistenz (Tab.1, s. Spalte „Abbau?“). Dies wird durch die Veränderung der Umwelt (Erregersituation!) verursacht und führt in der Praxis zu teilweise erheblich höheren Aufwendungen für den Pflanzenschutz einer vormals resistenten Sorte. Dieser „Abbau“ muss ständig durch die Züchtung kompensiert werden, selbst wenn dies nicht zu einer besseren APS bei der amtlichen Einstufung der Resistenzeigenschaften führt.

Während beim Kornertrag die „Steigerung/Erhöhung“ das Ziel ist, sollte bei der Resistenz das anspruchsvolle Ziel darin bestehen, das Niveau zu erhalten und „nur“ punktuell zu verbessern.

Tab.1: Eigenschaften der bedeutendsten Sorten während ihrer "Lebenszeit"

Mittelwert der Winterweizensorten: ARES, OKAPI, KANZLER, KRAKA, ORESTIS, ASTRON, ZENTHOS, BUSSARD, FLAIR, DRIFTER, DEKAN
 Lebensdauer 13,3 Jahre, Vermehrungsfläche 43Tha, Anbaufläche 1,3 Mio ha.
 Eigenschaften in Ausprägungsstufen (= APS)

	Anfang	Ende	Abbau?
Kornertrag	7,3	5,0	2,3
Mehltau	3,8	4,7	0,8
Blattseptoria	4,6	5,3	0,7
Gelbrost	3,7	4,9	1,2
Braunrost	5,5	7,3	1,8
Ährenfusarium	5,0	4,5	
Spelzenbräune	3,9	4,3	0,4
Lager	4,5	5,2	0,7
Auswinterung	4,0	4,8	0,8

Quelle und Primärdaten: Beschreibende Sortenlisten des Bundessortenamtes

Züchtungsfortschritt und landeskultureller Wert haben somit zwei wesentliche Komponenten:

I. Kompensation des (nicht genetisch bedingten) „Abbaues“, z.B.

- "Wiederherstellung" der Resistenz gegen Blattkrankheiten;
- Anpassung an Klimaänderungen.

II. Hinzufügen von (genetisch bedingten) Verbesserungen/Erhöhungen, z.B.

- Ertragssteigerungen bei hoher/guter Backqualität;
- bessere Fusariumtoleranz bei kurzstrohigen Sorten;
- Kombination "schwieriger" Resistenzeigenschaften, z.B. Ährenfusarium, Blattseptoria und Drechslera;
- Züchtung von Sorten mit großer ökologischer Streubreite sowie europäischer und internationaler Anbaueignung;
- Erhöhung des Kornertrages auf (leichten) Grenzstandorten.

Der erreichte und geplante Züchtungsfortschritt beeinflussen die genetische Variabilität, die zu Beginn des Züchtungsprozesses vorhanden sein muss, um daraus die „Sorten der Zukunft“ entwickeln zu können.

3. Genquellen und Ausgangsmaterial

Die umfangreich durchgeführten Analysen zur Abstammung (Stammbäume) sind im Sinne der Beschreibung und des Verstehens der Weizenzüchtung von Interesse. Sie erlauben es, Genquellen (aus der Vergangenheit) zu erkennen, die zu den heutigen Ergebnissen maßgeblich beigetragen haben. So können Informationen über die Abstammung für die Elternwahl in aktuellen Kreuzungsprogrammen hilfreich sein, besonders wenn der Züchter eine größere „genetic distance“ zwischen den Eltern als wichtig erachtet. Diese kann zu höherer Variabilität und zu häufigeren wertvollen Transgressionen führen. Verglichen mit den konkreten Merkmalseigenschaften und der „Kombinationseignung“ einer Sorte ist jedoch ihre Abstammung eher ein nachrangiges Argument für die Verwendung als Kreuzungselter.

Die konkreten Merkmalseigenschaften und mitunter auch Informationen/Hypothesen über deren genetischen Hintergrund bestimmen maßgeblich die „Kombinationseignung“ im Sinne des „Zuchtwertes“. Diese(r) bildet die wesentliche Grundlage für die Verwendung einer Sorte als Elter. Der Züchter ist bestrebt, solche Eltern (unter Beachtung einer „genetic distance“) zu kreuzen, deren Mittelwert bezüglich aller wesentlichen Merkmale dem Zuchtziel möglichst nahe kommt (s. auch Abschnitt 5). Je geringer die Differenz (der Eltern) zum Zuchtziel ist, um so höher ist die Wahrscheinlichkeit dafür, dass unter den Nachkommen aus dieser Kreuzung solche auftreten, gefunden und selektiert werden, die dem Zuchtziel entsprechen. Jede stärkere Entfernung (der Eltern) vom Zuchtziel, selbst bei wenigen Merkmalen, reduziert die „Trefferquote“ in geometrischer Dimension, weil bei der gleichzeitigen Selektion nach mehreren Merkmalen bei jedem Merkmal ein individuelles Mindestniveau erreicht werden muss. In diesem Sinne hat eine Sorte eine hohe „allgemeine“ Kombinationseignung als Elter, wenn sie in möglichst vielen wertbestimmenden Merkmalen eine starke Annäherung an das Zuchtziel erreicht. Sie hat eine hohe „spezifische“ Kombinationseignung, wenn sie sich in der Kombination mit einem konkreten anderen Elter bestens ergänzt und so in der Kreuzung dem Zuchtziel recht nahe kommt. Die hohe Kombinationseignung findet der Züchter i.d.R. in Hochleistungssorten aus aktuellen Züchtungsprogrammen.

Zweifellos ist es wichtig, nach „neuen Genquellen“ für Resistenzen, Qualitäten usw. zu suchen. Diese werden meistens in „Exoten“ gefunden, d.h. Linien aus Genbanken, Sammlungen oder fernen Anbauregionen. Ihr Vorteil liegt in einem oder in wenigen Merkmalen; ihr Nachteil besteht in der geringen Kombinationseignung hinsichtlich der Gesamtheit der Merkmale. Die wertvollen Eigenschaften der „Exoten“ werden in langfristigen, teuren Vorzüchtungsprogrammen (Prebreeding) in

Leistungseltern eingelagert, ehe sie in der direkten Sortenzüchtung genutzt werden können.

Der Züchter muss somit entscheiden, welche Zuchtziele er durch die Verwendung von Leistungseltern erreichen kann und für welche Zuchtziele das äußerst aufwändige Prebreeding zwingend erforderlich ist. Diese Entscheidung bedarf neben der fachlichen Abwägung auch einer konsequenten Kostenkalkulation für die unterschiedlichen Zuchtmethoden, denn die Züchtungskosten und der Erfolg/Misserfolg des Unternehmens hängen maßgeblich davon ab.

Für den praktischen Züchter sind bezüglich der Genquellen und des Ausgangsmaterials somit folgende Punkte wichtig:

- Kenntnisse über den genetischen Hintergrund/Stammbaum als nützliche Zusatzinformation bei der Kreuzungsplanung.
- Sehr genaue Informationen über die komplexen Merkmalseigenschaften der Sorten unter dem Aspekt ihrer möglichen Kombinationseignung als Elter.
- Kreuzungen mit Leistungssorten aus aktuellen Züchtungsprogrammen.
- Prebreeding (soweit erforderlich), möglichst in Kooperation oder mit öffentlich geförderten Forschungsprojekten.
- Berechnungen/Modelle über die Erfolgsaussichten und die Kosten von Kreuzungsstrategien und Züchtungsprogrammen.

4. Transgene Information für den Züchtungsfortschritt?

Bei den heutigen juristischen, politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen (mangelnde Akzeptanz) wäre jede Aussage über den Zeitpunkt der erfolgreichen Nutzung transgener Information in der praktischen Weizenzüchtung unseriös.

Ebenso unseriös erscheinen dem Verfasser aber auch die vollmundigen Aussagen über die vermeintlich großen Verbesserungen (für die globale Getreideproduktion), die sich durch Nutzung transgener Informationen erreichen ließen. Es fehlt selbst der Ansatz eines praktischen Beweises dafür, dass transgene Information den Weizen in der „Gesamtheit seiner wertbestimmenden Eigenschaften“ deutlich verbessern könnte. Das ist jedoch die Voraussetzung für den „landeskulturellen Wert“ der Sorten. Es fehlt an praktikablen Ideen darüber, welche konkreten Merkmale mit welcher genetischen Information in moderne Weizensorten eingelagert werden könnten

Zu den wenigen bekannten positiven Ansätzen gehört das „Proteinprojekt“, das seit einigen Jahren am IPK Gatersleben in Kooperation mit der Nordsaat-Saatzucht GmbH erfolgreich bearbeitet wird. Dabei geht es darum, Information aus der Gerste und der Ackerbohne in Weizen einzulagern und damit im Weizen eine deutliche Steigerung des Proteingehaltes ohne gleichzeitige Reduzierung des Kornertrages zu erreichen.

Die entscheidende Frage lautet: Welche wichtigen Merkmale lassen sich nicht innerhalb des Weizen-Genoms selektieren („Rekombinationspotenzial“)? Nur dafür kann/muss transgene Information verwendet werden.

5. Variabilität und Züchtungserfolg

Einige Jahre nach der Kreuzungsplanung steht der Züchter in den Auslesegenerationen und Prüfungen der zuvor geschaffenen Variabilität gegenüber. Innerhalb eines Züchtungsprogrammes werden dabei i.d.R. Unterschiede zwischen den Kreuzungsjahrgängen auftreten. Zwischen den Züchtungsprogrammen ist dabei mit größeren Unterschieden zu rechnen, die sich aus der Intention und Arbeitsweise des verantwortlichen Züchters ableiten.

Um einen quantitativen Eindruck von der nutzbaren genetischen Variabilität zu erhalten, werden nachfolgend statistische Parameter aus dem Züchtungsprogramm der Nordsaat-Saatzuchtgesellschaft (aus Ernte 2008) vorgestellt (Tab.2). Die Daten wurden in dem DH-Zuchtmaterial erhoben, das sich ein bzw. zwei Jahre vor einer eventuellen Wertprüfung (WP-1 bzw. WP-2) befand. WP-1 ist die ältere Stufe (Kreuzungsjahrgang 2004), WP-2 die jüngere Stufe (Kreuzungsjahrgang 2005). Für die Berechnung der Variabilität standen 66 bis 509 Stämme zur Verfügung. Pro Merkmal liegen von 5 bis 16 Orten differenzierende Einzelergebnisse vor, so dass von einer zuverlässigen Schätzung des Merkmals für jeden Stamm und von einer guten Schätzung der Variabilität innerhalb des Zuchtmaterials ausgegangen werden kann. Für jedes der ausgewählten Merkmale werden die statistischen Parameter, der Wertebereich (in Ausprägungsstufen) für die positive Selektion und der Anteil positiv selektierbarer Stämme (Selektionsintensität im Sinne des Zuchtzieles) angegeben.

Als Beispiel für die Resistenzzüchtung wird die Variabilität der Anfälligkeit gegenüber Ährenfusarium graphisch dargestellt (Abb.4). In Tab.2 fällt auf, dass das Zuchtmaterial der (jüngeren) Stufe WP-2 mit dem Mittelwert (MW) 3,1 deutlich besser ist als das der (älteren) Stufe WP-1 mit MW 4,4. Dieser erfreuliche Sachverhalt zeigt sich auch bei der Anfälligkeit für Braunrost (MW 1,9 zu 2,3) und Mehltau (MW 2,9 zu 3,6). Hier lässt sich bereits der Züchtungsfortschritt des Kreuzungsjahrganges 2005 (WP-2) gegenüber dem Kreuzungsjahrgang 2004 (WP-1) erkennen. Die Positivselektion für die aufgeführten Resistenzen liegt zwischen 60-80% pro Einzelmerkmal. Die Qualitätsparameter ermöglichen eine intensive Selektion in Richtung guter Backqualität. So erreichen im Rohproteingehalt 70% und in dem komplexen Merkmal Brotvolumen ca. 45% der Stämme das für die A-Qualität erforderliche (Tab.2, Abb.5) Niveau.

Die Selektionsintensität ist beim Kornertrag erwartungsgemäß am geringsten (Tab.2, Abb.6). Gemäß unseren internen Selektionsgrenzen erreichen oder übertreffen 7% der Stämme in der intensiven Stufe der Versuche den Mindestwert von 101%, der bei der Qualitätsgruppe A gefordert wird. Bei Elite-Qualität (E) müssen mindestens 97% und bei Brotweizen (B) mindestens 104% erreicht werden.

Die Variabilität des Zuchtmaterials muss so weit wie nur möglich in Richtung des Zuchtzieles „gedrängt“ werden. Denn die Gesamtwahrscheinlichkeit für das Finden der Sorte, die dem Zuchtziel entspricht (Selektionsintensität), ergibt sich als Produkt aus der prozentualen Positivselektion bei den Einzelmerkmalen, zuzüglich einiger (statistischer) Kopplungen zwischen diesen.

6. Planung und Züchtungserfolg

Der Züchtungserfolg hängt stark von der Kombinationseignung der Kreuzungseltern (Abschnitt 3) und von der nutzbaren Variabilität innerhalb der Kreuzungen ab (Abschnitt 4). Leider lässt sich der Erfolg einer spezifischen Kreuzung niemals präzise vorhersagen. Sicher ist nur, dass i.d.R. weit über 95% der mit guten Argumenten geplanten Kreuzungen nicht zum Erfolg führen. Somit muss sich der Züchter bei der Kreuzungsplanung vor allem auf eigene Erfahrungen und Hypothesen sowie auf Wahrscheinlichkeiten und Hoffungen stützen, die sich jeweils auf die Gesamtheit der von ihm durchgeführten Kreuzungen beziehen. Der Kreuzungsjahrgang muss „erfolgreich“ sein, nicht unbedingt eine bestimmte Kreuzung. Die Planung betrifft zwei Bereiche:

1. Die Entwicklung und Identifikation von Eltern, die in Kreuzungen eine starke Annäherung an das Zuchtziel ermöglichen (Kombinationseignung, s. Abschnitt

- 3). Dieser Punkt wird hier nicht weiter erörtert. Die Verwendung des aktuellsten und besten Zuchtmaterials sollte die Regel sein.
2. Die Kalkulation des erreichbaren Fortschritts; basierend auf Erfahrungen/Annahmen über die Variabilität und die Quote der Positivselektion innerhalb des Kreuzungsjahrganges (Tab.3).

Tab. 2: Statistische Parameter für Merkmale aus Ernte 2008

	Stufe: WP-..	geprüfte Linien	Ergebnisse	Mittelwert	Minimum	Maximum	Standard-abweichung	positive Selektion	Positiv-selektion
Merkmale			Anzahl	APS	APS	APS	APS	APS	%
Pflanzenlänge	-1	275	15	4,3	1,1	7,5	0,9	2 - 5,5	80 - 90
	-2	509	6	3,9	1,5	6,3	0,8	"	"
Neigung zu Lager	-1	276	16	3,9	1,0	9,0	2,0	1 - 4,5	~65
Zeitpunkt des Ährenschiebens	-1	276	16	4,7	2,0	7,1	0,9	bis 6,4	~90
	-2	509	6	4,8	1,0	7,6	1,2	"	"
Anfälligkeit für Braunrost	-1	272	7	2,3	1,0	7,9	1,1	1 - 4	75 - 85
	-2	509	6	1,9	1,0	9,0	1,5	"	"
Anfälligkeit für Mehltau	-1	272	5	3,6	1,5	8,1	1,1	1 - 4	60 - 80
	-2	509	5	2,9	1,7	7,7	0,9	"	"
Anfälligkeit für Ährenfusarium	-1	272	8	4,4	2,0	7,0	0,8	1 - 5,3	80 - 90
	-2	509	6	3,1	1,0	7,6	1,3	"	"
Tausendkornmasse	-1	66	9	6,0	4,1	8,1	1,1	3,5 - 9	100
Rohproteingehalt	-1	66	9	4,6	1,0	9,0	1,8	A: 4 - 9	~70
Fallzahl	-1	66	9	7,8	2,9	9,0	1,8	A: 5 - 9	~90
Sedimentationswert	-1	66	9	6,3	4,3	8,6	0,8	A: 5 - 9	~90
Brotvolumen	-1	66	9	5,0	1,1	9,0	1,5	A: 5,5 - 9	~45
Kornertrag in % zu				%	%	%	%	%	%
Verrechnungssorten	-1	276	16	97	82	109	4,4	101-max.	7

WP = Wertprüfung; Stufe WP-1 = 1 Jahr vor der WP, Kreuzungen von 2004;

Stufe WP-2 = 2 Jahre vor der WP, Kreuzungen von 2005.

APS = Ausprägungsstufe, berechnet gemäß Kriterien des Bundessortenamtes (BSA);

A: = Selektionsbereich für "Backqualität" (mindestens Qualitätsgruppe A);

Verrechnungssorten: Anthus, Tommi, Türkis. Positive Selektion = Selektionsintensität

Abb. 4: Ährenfusarium (Prüfungen 2008)

WP-2: 6 Orte, 509 Stämme, Kreuzungen 2005

WP-1: 8 Orte, 275 Stämme, Kreuzungen 2004

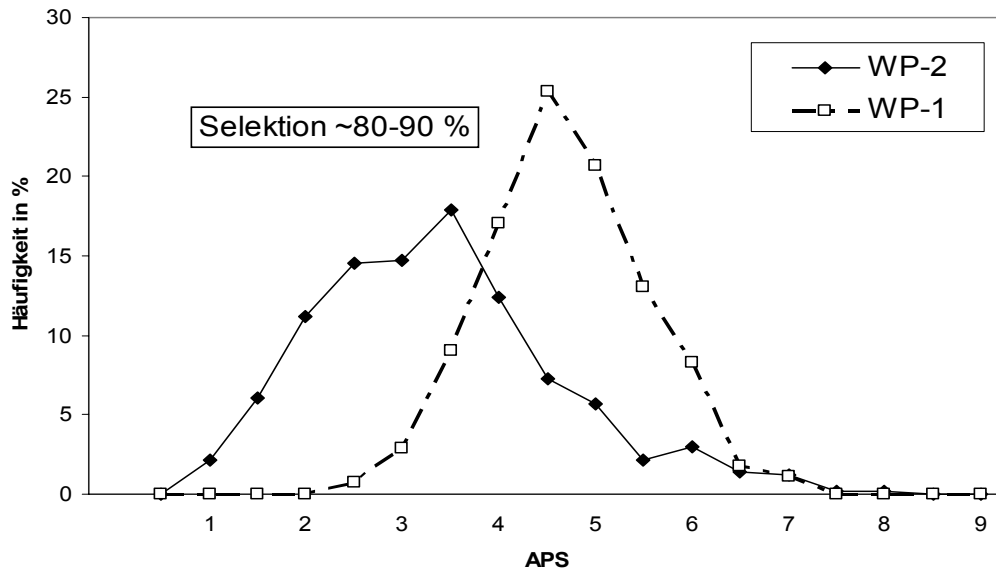
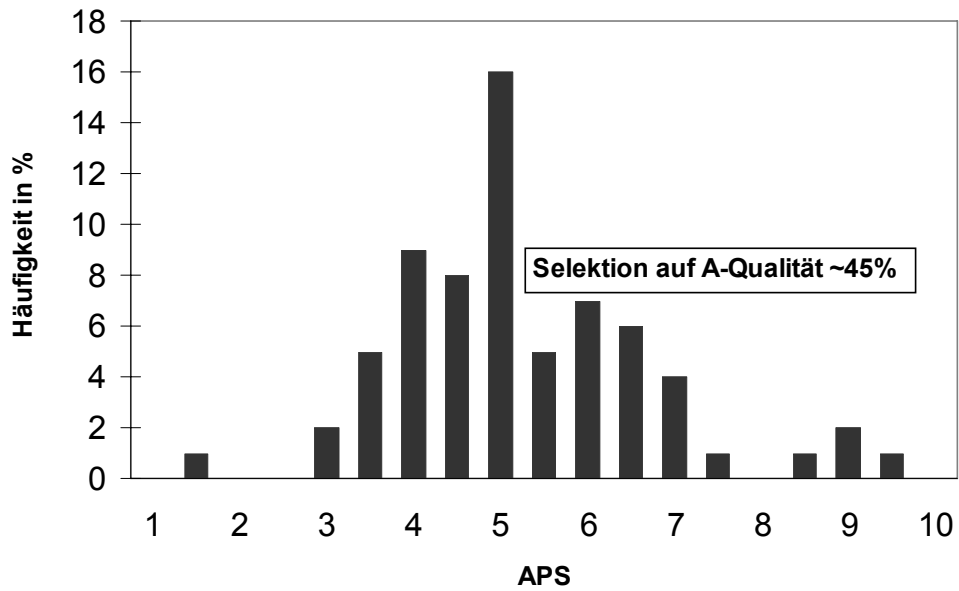
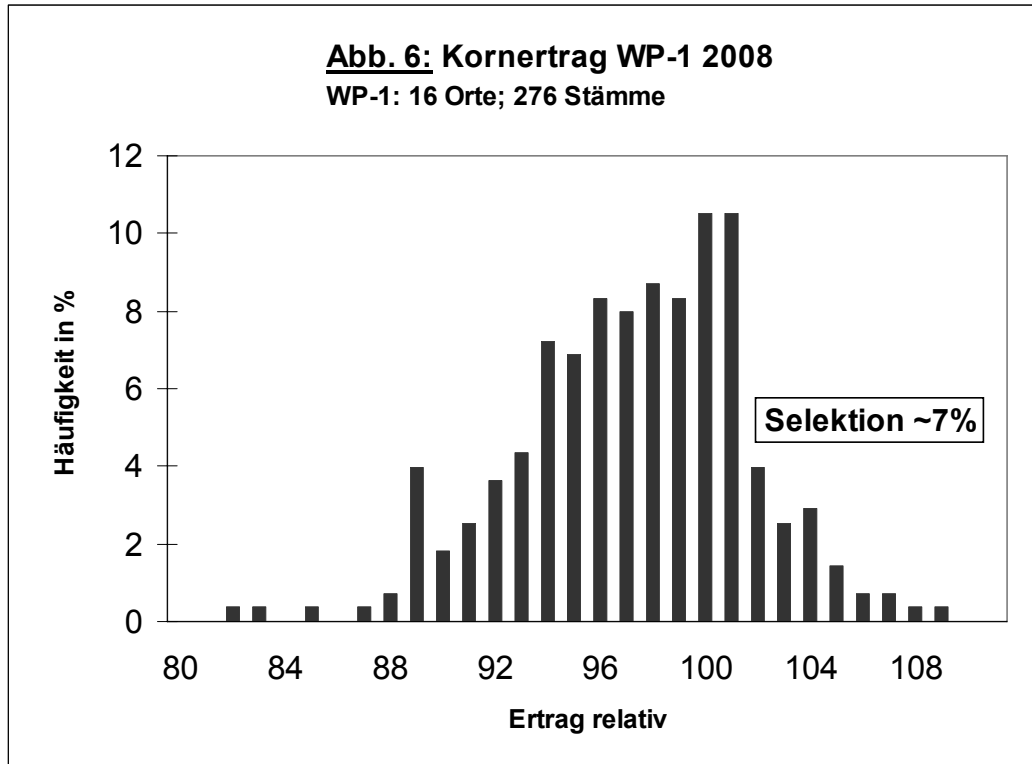


Abb. 5: Brotvolumen WP-1 2008

WP-1: 9 Orte, 66 Stämme





Tab.3 enthält unsere Erfahrungen aus dem Nordsaat- Züchtungsprogramm. Dabei handelt es sich um Kreuzungen zwischen leistungsstarken Linien/Sorten (mit vermunteter guter Kombinationseignung), die untereinander eine gewisse „genetic distance“ aufweisen. Das Zuchtmaterial wird über die Doppelhaploidentechnik entwickelt.

Die in Tab.3 aufgeführten Varianten I, II und III unterscheiden sich durch das Mindestniveau für den Kornertrag und sonstige Merkmale, das bei der Selektion erreicht werden muss. Das Mindestniveau wird als Differenz zum Elternmittelwert definiert. Die Wahrscheinlichkeiten für die Positivselektion sind bei den verschiedenen Merkmalen recht unterschiedlich.

Je höher das Mindestniveau bei der Selektion, um so geringer ist notwendigerweise die Selektionsintensität. Im praktischen Züchtungsprozess wird man i.d.R. keine Kreuzungseltern finden, die es erlauben, die „billige“ Variante I zu realisieren. An der Variante III sollte man sich erst gar nicht versuchen, weil sie jede realistische Dimensionierung sprengt. Wir bewegen uns im Bereich der Variante II, bei der aus ca. 10.000 homozygoten Linien 6 bis 9 Stämme für die Wertprüfung entwickelt werden können.

Unsere Daten beziehen sich auf ganze Kreuzungsjahrgänge, nicht auf einzelne Kreuzungen. Somit können sie zur Dimensionierung des Züchtungsprogrammes herangezogen werden.

Tab. 3: Kalkulation des Züchtungsumfanges und -erfolges

Die neue Sorte ist besser als der Mittelwert der Kreuzungseltern um ... Ausprägungsstufen (APS)			
	Variante I	Variante II	Variante III
Kornertrag	1,0 - 1,5 APS	2,0 - 2,5 APS	~3,0 APS
sonstige Merkmale	0,2 - 0,4 APS	0,8 - 1,2 APS	1,8 - 2,2 APS
A. Wahrscheinlichkeit für positive Selektion bei Merkmalen/Merkmalenkomplexen:			
Kornertrag	9%	7%	4%
Pflanzenlänge	80%	65%	35%
Lager	90%	75%	40%
Blüte/Reife	90%	85%	60%
Auswinterung	90%	65%	45%
Gelbrost, Braunrost, Mehltau	80%	50%	25%
Drechslers trit. rep.	90%	70%	30%
Blattseptoria	90%	70%	30%
Ährenfusarium	90%	70%	30%
Rohprotein, Fallzahl, Sedimentationswert	80%	50%	25%
Brotvolumen	80%	50%	25%
B. Wahrscheinlichkeit für Stämme, die in allen Merkmalen positiv sind			
Wahrscheinlichkeit	1,959%	0,081%	0,00006%
C. Stämme, die in allen Merkmalen positiv sind			
Anzahl in Population	20 in 1000	8,1 in 10.000	6 in 10 Mio

Zusammenfassung

Aus dem erreichten und zukünftig erwarteten Züchtungsfortschritt der zugelassenen Sorten ergeben sich Anforderungen an die Variabilität des Zuchtmaterials. Diese muss der Züchter planen, erzeugen, fixieren, bewerten und selektieren sowie als Sorte zur Zulassung bringen. Wesentliche Punkte des Züchtungsfortschritts von 1978 bis 2007 werden analysiert. Der Einfluss von Züchtungsverfahren, von Genquellen und Ausgangsmaterial sowie die mögliche Nutzung transgener Information werden diskutiert. Schlussfolgerungen für die Kreuzungsplanung werden gezogen. Die Variabilität im Zuchtmaterial der Nordsaat-Saatzuchtgesellschaft mbH wird dargestellt. Abschließend werden Kalkulationen zum möglichen Züchtungserfolg sowie zur Dimensionierung des Züchtungsprozesses in Abhängigkeit von der Kreuzungsplanung vorgestellt.

Erfassung der allelischen Diversität der CM3-Untereinheit des alpha-Amylase Inhibitors im Hinblick auf eine Reduktion des allergenen Potentials des Weizens

U. Hähnel*, M. Zahn^{*,**} & F. Ordon^{*}

Einleitung

Durch pflanzliche Lebensmittel hervorgerufene allergische Krankheitsbilder sind sehr vielfältig und nur mit einem hohen diagnostischen Aufwand zu identifizieren. Vor dem Hintergrund einer steigenden Anzahl von Allergikern gewinnt eine allergenarme Ernährung im Zuge des gesundheitlichen Verbraucherschutzes zunehmend an Bedeutung (Andre et al. 1994). Wenngleich die klassische Lebensmittelallergie in der Regel als Soforttypreaktion (Typ I Allergie) unter Beteiligung von Immunglobulinen (Ig) der Klasse E verläuft, ist es dennoch sinnvoll, die Menge der allergieauslösenden Stoffe soweit wie möglich zu reduzieren, da der Kontakt mit allergenen Stoffen in Lebensmitteln vermindert wird und damit die Gefahr der Sensibilisierung sinkt (Saloga et al. 2005). Zur Vorbeugung von Allergien kann eine Verringerung allergener Stoffe in Lebensmitteln durch eine gezielte Züchtung allergenarmer Sorten bei landwirtschaftlich und gartenbaulich bedeutenden Kulturarten einen entscheidenden Beitrag leisten.

Bei allergenen Substanzen aus Pflanzen handelt es sich häufig um natürlicherweise in pflanzlichen Produkten vorkommende Proteine oder Glycoproteine. Bei diesen ist eine erhebliche Variabilität bezüglich der Molekülgröße und der Struktur bekannt. Neben gemeinhin bekannten allergenen Proteinen aus gartenbaulichen Kulturen wie Möhre, Apfel und Sellerie, zeigen auch eine große Anzahl landwirtschaftlicher Kulturarten ein erhebliches allergenes Potential. Entsprechende Majorallergene sind z.T. bereits auf molekularer Ebene identifiziert. Durch Analysen der Aminosäurestruktur lassen sich praktisch alle bekannten allergenen Proteine aus Pflanzen in drei übergeordnete Genfamilien einteilen, welche innerhalb ihrer Gruppe Sequenzhomologien aufweisen (Breiteneder 2002; Breiteneder et al. 1989; Mills et al. 2004). In diese Gruppen gehören die beiden übergeordneten Genfamilien der Cupine und Prolamine sowie die Gruppe der Cysteinproteasen C1.

Neben diesen großen übergeordneten Genfamilien existieren noch weitere Gruppen, wie die Gruppe der sogenannten *pathogenesis related* Proteins (PRs). Diese Gruppe leitet sich nicht primär durch Sequenzhomologien ab, sondern vielmehr durch Übereinstimmungen in ihrem Expressionsprofil und in ihrer Funktion (Bol et al. 1996). Entsprechende Proteine werden nach Kontakt bzw. Infektion mit pilzlichen, bakteriellen oder viralen Pathogenen verstärkt exprimiert. Ebenso können Verwundung und abiotischer Stress zur Induktion einzelner Mitglieder dieser Proteingruppe führen (van Loon et al. 1994; 1999). Neben diesen induzierten Abwehrproteinen existiert noch eine weitere Gruppe, welche zumeist gegen fressende Insekten gerichtet sind. In diese Gruppe sind verschiedene Proteinase- und alpha-Amylasen-Inhibitoren (Breiteneder 2002) einzuordnen. Sie könnten theoretisch der Gruppe der PR-Proteine zugeordnet werden, unterscheiden sich aber von diesen in ihrem Expressionsprofil, da diese Proteine konstitutiv in Überdauerungsorgane wie Samen oder Knollen eingelagert werden.

Julius-Kühn-Institut, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Erwin-Baur-Straße 27, 06484 Quedlinburg

**Leibniz-Universität Hannover, Institut für Ernährungswissenschaften, Herrenhäuser Straße 2, 30419 Hannover

Alpha-Amylase-Inhibitoren gehören zu einer großen Genfamilie in Gerste und Weizen und kommen als Monomere, Homodimere und Heterotetramere vor. In Weizen sind speziell die Heterotetramere Ursache des allergisch bedingten Bäckerasthmas. Diese Heterotetramere bestehen aus den drei Untereinheiten CM2, CM3 und CM16 in einem stöchiometrischem Verhältnis von 1:2:1. Allerdings geht die Allergenität lediglich von der CM3-Untereinheit aus, denn nur diese wird von Antikörpern der Bäckerasthma-Patienten erkannt (Kusaba-Nakayama et al. 2000). Ziel des vorliegenden Projektes ist es im Rahmen des Aktionsplanes des BMELV zur Vermeidung von Allergien Erkenntnisse über züchterische bzw. biotechnologische Möglichkeiten zur Vermeidung des Bäckerasthmas zu gewinnen.

Material und Methoden

Material

Als Pflanzenmaterial wurden 52 aktuell genutzte zugelassene Weizensorten verschiedener Züchter mit über 200 ha Saatgutvermehrungsfläche aus der Sortenliste des Bundessortenamtes ausgewählt. Vier der Sorten sind Bestandteil von aktuellen Kartierungspopulationen (Jenga, Tuareg, Toras, Türkis). Desweiteren wurden 18 Genbankherkünfte hinzugezogen. Diese umfassen zum einen 6 Weizenwildarten sowie 12 Akzessionen mit erhöhter bzw. erniedrigter Allergenität (Nakamura et al. 2005).

Die Anzucht der Pflanzen erfolgte im Gewächshaus unter Langtagbedingungen (16 h Licht, mindestens 25000 Lux/d) bei 20°C unterbrochen durch eine Vernalisationsphase von 8 Wochen bei 4°C beginnend im Dreiblattstadium.

Isolierung genomischer DNA

Für die Isolierung genomischer DNA der Weizenpflanzen wurden im Dreiblattstadium 10-20 mg Blattmaterial geerntet und in einer „Deep-Well“-Mikrotiterplatte in flüssigem Stickstoff eingefroren. Das eingefrorene Material wurde in einer Retschmühle für 3 min bei 30 Hertz mit Hilfe einer 4 mm Stahlkugel pro Well gemörsert. Zur weiteren Isolierung der genomischen DNA wurde ein DNA-Extraktionsautomat (Tepnel Life Science, Manchester, GB) und das DNA Isolierungskit Nucleplex (Tepnel) entsprechend den Herstellerangaben verwendet.

PCR und TA-Klonierung

Sequenzierte mRNA's für die CM3-Untereinheit beschreiben ein 429 bp / 143 aa langes Gen mit einem Signalpeptid, dessen genomische Organisation derzeit unbekannt ist. Um die Sequenz des muren Proteins der CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors bestimmen zu können, wurden die genomischen Abschnitte jeder Akzession mit Hilfe der Primer CM3for: 5'-GTCCTGCTCTCCGTCTTGG und CM3rev: 5'-TGCTTATTCACGAGCGACTG per PCR amplifiziert. Die Amplifikation der Fragmente erfolgte im Thermocycler 9700 (Applied Biosystems, Foster City, USA) über 35 Zyklen bei einem Zyklus von 94°C für 15 s, 57°C für 30 s und 72°C für 30 s. Den Zyklen wurde zur Denaturierung der DNA ein Temperaturschritt von 5 min für 94°C vorangestellt und abschließend zur vollständigen Fragmentverlängerung ein Temperaturschritt für 5 min bei 72°C angehängt. Pro 20 μ l PCR-Reaktion wurden 1 μ l der genomischen DNA, 0,4 μ l Fire Taq-Polymerase (Solis BioDyne Tartu, Estonia), 2 μ l 10x Puffer (Solis BioDyne), 2 μ l 25 mM MgCl₂, 0,5 μ l 10 mM dNTPs, 0,5 μ l 10 pM CM3for, 0,5 μ l 10 pM CM3rev und 12,5 μ l Aqua dest. pipettiert. Zur Kontrolle der PCR wurden die Reaktionen in einem 1 %igem Agarosegel aufgetrennt.

Unter Nutzung des TA-Cloning-Kits (Invitrogen) wurde das amplifizierte Fragment jeder Akzession entsprechend der Herstelleranleitung kloniert.

Plasmidisolierung und Sequenzierung

Nach der Klonierung wurden für jeweils 6 der entstandenen Klone pro Akzession Plasmide isoliert. Dafür wurden die Zellen aus 1,5 ml von einer E. coli Übernachtskultur durch Zentrifugation bei 13000 rpm für 1 min sedimentiert. Nach Entfernung des Überstandes wurden die Zellen in 100 µl GTE-Puffer (100 mM Glucose, 25 mM Tris/HCl pH 8,0, 10 mM EDTA) resuspendiert und gleichzeitig denaturiert. Mit Zugabe des Puffers 2 (200 mM NaOH, 1 % SDS) und der Inkubation für 5 min auf Eis wurden die Zellen alkalisch lysiert. Durch Hinzufügen von Puffer 3 (3 M Kaliumacetat, 1,8 M Ameisensäure) erfolgte die Neutralisierung bei einer erneuten Inkubation für 5 min auf Eis. Die Zellreste wurden bei 13000 rpm für 2 min sedimentiert und der Überstand mit 5 µl RNaseA (10 mg/ml) für 30 min bei 37°C und 40 rpm inkubiert. Nach der Fällung mit 1 ml eiskaltem Ethanol für 5 min auf Eis wurde die DNA durch Zentrifugieren für 2 min bei 13000 rpm pelletiert, mit 1 ml 70%igem Ethanol gewaschen und erneut zentrifugiert. Der Überstand wurde abgossen, das Pellet getrocknet und in 25 µl Aqua dest. gelöst und die DNA-Konzentration am Nanodropmessgerät (Biozym) bestimmt. Anschließend wurden 800 ng pro Akzession zur einseitigen Sequenzierung (IIT Biotech, Bielefeld) versandt. Die Hälfte der Klone pro Akzession wurde mit M13for, die anderen mit M13rev sequenziert. Die erhaltenen Sequenzen wurden mit dem Programm Sequencher (GeneCodes, Ann Arbor, USA) kontrolliert und Vektorsequenzen entfernt. Für die weitere Analyse wurden zunächst die Sequenzen pro Akzession und anschließend die daraus entstandenen Consensussequenzen aller Akzessionen gegeneinander verglichen.

RNA-Isolierung

Für die Bestimmung der Expression der CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors wurden zunächst 10-12 unreife Körner aus der Mitte der Ähre 18 d nach Blühbeginn geerntet, in flüssigem Stickstoff eingefroren und bei -80°C gelagert. Zur Isolierung der gesamt-RNA wurden 5 Körner mit 3 Stahlkugeln a 5 mm und 500 µl Extraktionspuffer (1 M Tris, 1 % SDS, 10 mM EDTA, pH 9,0) in 2 ml Reaktionsgefäßen in der Retschmühle für 5 min bei 30 Hertz gemörsert. Dem Extrakt wurde 500 µl Phenol/Chloroform/Isoamylalkohol (PCI) hinzugefügt, die Probe für 10 s gemischt und bis zur Aufbereitung aller Proben in Eis gestellt. Anschließend wurden alle Proben für 5 min bei 4°C mit 13000 rpm zentrifugiert und der Überstand in neue Reaktionsgefäße überführt. Nach der Wiederholung des PCI-Schrittes wurde der Überstand mit 1/10 Vol. 3 M Natriumacetat pH 5,2 und 2,5 Vol. 96 %iges Ethanol für 30 min bei -80°C gefällt. Zum Auftauen wurden die Proben in Eis gestellt und anschließend für 15 min bei 4°C mit 13000 rpm zentrifugiert. Das entstandene Pellet wurde in 200 µl kalten Aqua dest. gelöst. Um nicht lösliche Bestandteile zu entfernen, wurde erneut für 10 min bei 4°C mit 13000 rpm zentrifugiert und der Überstand in neue Reaktionsgefäße überführt. Durch nochmalige Fällung nun mit 200 µl 4 M Lithiumchlorid bei 4°C über Nacht wurden speziell die Nukleinsäuren gefällt. Nach der Zentrifugation für 15 min bei 4°C mit 13000 rpm wurde das Pellet in 900 µl 2 M Lithiumchlorid und zweimal in 900 µl 70 %igem Ethanol gewaschen. Um das Pellet

fest am Boden des Reaktionsgefäßes zu halten, wurde nach jedem Waschschrift für 5 min bei 4°C und 13000 rpm zentrifugiert. Anschließend wurde das Pellet für 30 min bei 37°C getrocknet, in 25 µl kaltem Aqua dest. gelöst und bei -80°C gelagert.

cDNA-Synthese und qPCR

Nach Isolierung der gesamt-RNA wurde diese mittels Reverser Transkriptase in cDNA umgeschrieben, um letztlich die Expression der CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors in der qPCR bestimmen zu können. Die cDNA-Synthese erfolgte unter Verwendung von 2 µg isolierter gesamt-RNA mit dem High Capacity RNA-to-cDNA Kit (Applied Biosystems) nach Gebrauchsanweisung.

Pro qPCR-Reaktion wurden jeweils 1 µl der cDNA-Synthese, 5 U TAQ-Polymerase (Bioline), 2,5 µl 10x PCR-Puffer (Bioline), 2 µl 50 mM MgCl₂, 0,25 µl 10 mM dNTPs, je 1,25 µl 10 µM Primer CM3for und CM3rev, 0,25 µl SYBR-Green (1:1000 verdünnt) und 15,4 µl Aqua dest pipettiert. Zur vergleichenden Normalisierung der Akzessionen untereinander wurde die Expression der 18S RNA mit dem Primerpaar 18Sfor: 5'-GTGACGGGTGACGGAGAATT und 18Srev: 5'-GACACTAATGCGCCCGGTAT ebenfalls mit dem qPCR Fast7500 (Applied Biosystems) bestimmt. Die Werte der qPCR wurden mit der Geräte eigenen Software gegeneinander berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Um das züchterische oder biotechnologische Potential zur Verringerung der Allergengehaltes speziell der Bäckerasthma auslösenden CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors in Weizen zu bestimmen, wurde mit der Bestimmung der allelischen Diversität und mit der Erfassung der Expression dieses Genes in den gewählten Akzessionen begonnen.

Allelische Diversität

Die Bestimmung der allelischen Diversität für den Genabschnitt des maturen Proteins könnte ein erster Hinweis auf die bei Nakamura et al. (2005) gefundene differenzierte Allergenität der Sorten sein. Nach Isolierung der genomischen DNA wurde der genomische Abschnitt des maturen Proteins per PCR amplifiziert und mittels TA-Cloning für die Sequenzierung kloniert. Die vergleichende Sequenzanalyse ist in Abb. 1 dargestellt.

H. vulgare HVU47641	001	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. t. durum AAR28678	001	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	001	ATGGCGTGCAAGTCCAGCTGCAGCCTCCTCCTTGGCCCGCTCCTGCTCTCCGTCTT:G::GCCGCTGC::TTCCGC
T. monococcum	001	GTCCCTGCTCTCCGTCTT:G::GCCGCTGC::TTCCGC
H. vulgare HVU47641	087	--CC-A---TC-----C-----G--CGG-----G--G-----
T. t. durum AAR28678	081	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	081	CA::G:CTGCGTCCCAGGGTGGCTTTTCGGACCAATCTTCTGCCACACTGCCGCGACTATGTGTACAACAAACTTGTG
T. monococcum	039	CA::G:CTGCGTCCCAGGGTGGCTTTTCGGACCAATCTTCTGCCACACTGCCGCGACTATGTGTACAACAAACTTGTG
H. vulgare HVU47641	173	---T--C---G-----C---GA-C-GA---A---C---G--A-----
T. t. durum AAR28678	164	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	164	TCACCCCTGGGTCAAAGTTACCCGAATGGATGACATCTGCGTCGATATACTCCCTGGGAAACCGTACCTCGCCAAGTTC
T. monococcum	122	TCACCCCTGGGTCAAAGTTACCCGAATGGATGACATCTGCGTCGATATACTCCCTGGGAAACCGTACCTCGCCAAGTTC
H. vulgare HVU47641	259	-----T-----C-C-----G-----
T. t. durum AAR28678	250	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	250	TGCCAGGAGCTCGCAGAAATTTCTCAGCAGTGCCGGTGGCAGGCGCTGCGCTACTTTCATAGCGTTGCCGGTACCGTCTC
T. monococcum	208	TGCCAGGAGCTCGCAGAAATTTCTCAGCAGTGCCGGTGGCAGGCGCTGCGCTACTTTCATAGCGTTGCCGGTACCGTCTC
H. vulgare HVU47641	345	-----CA-----C-----G--C-----C-----
T. t. durum AAR28678	336	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	336	GGACCCGAGGTCCGCAATGTTGGTGAGAGCGCCCTCATCGATCTGCCCGGATGCCCCAGGGAGATGCAATGGGACTTCC
T. monococcum	294	GGACCCGAGGTCCGCAATGTTGGTGAGAGCGCCCTCATCGATCTGCCCGGATGCCCCAGGGAGATGCAATGGGACTTCC
H. vulgare HVU47641	431	-----C-----
T. t. durum AAR28678	422	-----C---T-----A---AA--G-----C-CC-----CGC-G----
T. aestivum CAA35597	422	TACTCGTCGCCCCGGGCGAGTCAACTTGGCGACCATTCACAATGTTTCGATACTGCCCGCGTGGAAACAGCCTCTGTGC
T. Monococcum	380	TACTCGTCGCCCCGGGCGAGTCAACTTGGCGACCATTCACAATGTTTCGATACTGCCCGCGTGGAAACAGCCTCTGTGC

Abb. 1: Sequenzvergleich der CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors aus Weizen und Gerste. Die genomische Sequenz für das mature Protein aus *T. monococcum* wurde stellvertretend für die 68 sequenzierten Akzessionen mit den verfügbaren Datenbanksequenzen verglichen.

Im Ergebnis der Sequenzierung war keine Diversität im genomischen Abschnitt des muren Proteins auf DNA-Ebene nachweisbar. Stellvertretend für die 68 im Projekt sequenzierten Akzessionen wurde die von *T. monococcum* in Abb. 1 verwendet, da sie alle dieselbe Sequenz aufwies. Der Sequenzvergleich in Abb. 1. zeigt auch gegenüber den sequenzierten mRNA's von Weizen aus Datenbanken keine Abweichung. Lediglich gegenüber der CM3-Untereinheit aus Gerste konnten Unterschiede festgestellt werden.

Die genomische Struktur der CM3-Untereinheit war bisher unbekannt, sie enthält in diesem Sequenzbereich kein Intron. Letzteres war aufgrund des nur 429 bp kodierenden Genes zu erwarten. Da keine allelische Diversität gefunden wurde, muss die von Nakamura et al. (2005) festgestellte allergene Differenz entweder im Bereich der Transkription oder Translation liegen. Andererseits unterstreicht die nicht vorhandene allelische Diversität im muren Protein die evolutionäre Wichtigkeit des Proteins, dessen Funktion in der Abwehr von Fraßschädlingen besteht.

Genexpression

Ursache der differentiellen Allergenität der Sorten könnte auch eine unterschiedliche Genexpression in den einzelnen Akzessionen sein. Aus diesem Grund sollte die Expression der CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors mit der qPCR Methode bestimmt werden. Zur Normalisierung der Werte wurde die Expression der 18S RNA mit selbiger Methode gemessen. Abb. 2 zeigt erste Ergebnisse der vergleichenden qPCR-Analyse für die Expression der CM3-Untereinheit indem die Faktoren der differentiellen Expression für die Wildtypen *T. urartu*, *T. monococcum* und 8 deutschen Akzessionen dargestellt sind.

Während die beiden Wildtypen eine sehr ähnliche Genexpression der CM3-Untereinheit aufweisen, exprimieren die 8 deutschen Akzessionen zwischen Faktor 277 und 382 mehr Transkript gegenüber den Wildtypen. Innerhalb dieser 8 Akzessionen differieren die Faktoren für die Genexpression noch um 38 % bezogen auf den niedrigsten Faktor. Folglich könnte sich nicht nur innerhalb der deutschen Akzessionen sondern auch unter Einbeziehung der Wildtypen eine Möglichkeit ergeben, die Allergenität für Bäckerasthma erheblich zu senken.

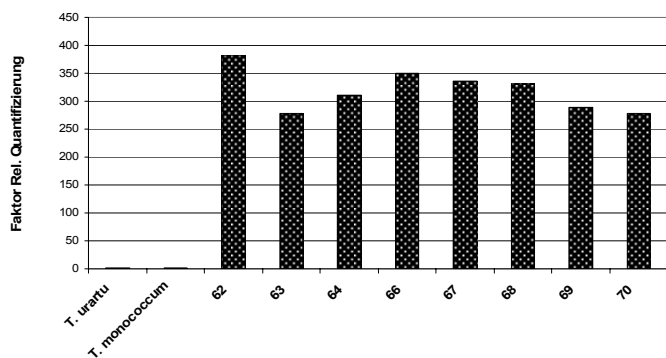


Abb 2: Expressionsunterschiede für die CM3-Untereinheit des α -Amylase-Inhibitors. Das Diagramm zeigt erste Ergebnisse der Expressionsunterschiede für zwei Wildtypen und 8 deutschen Akzessionen. Die dargestellten Faktoren für die Expressionsunterschiede wurde auf die Expression in T. urartu bezogen.

Literatur

- André, F.; C. André; L. Colin; F. Cacataci; S. Cavagna 1994: Role of new allergens and of allergen consumption in the increased incidence of food sensitizations in France. *Toxicology*, 93: 77-83.
- Bol, J.F.; A.S. Buchel; M. Knoester, T. Baladin; L.C. Van Loon; H.J.M. Linthorst 1996: Regulation of the expression of plant defence genes. *Plant Growth Regul*, 18: 87-91.
- Breiteneder, H.; K. Pettenburger; A. Bito; R. Valenta; D. Kraft; H. Rumpold 1989: The gene coding for the major birch pollen allergen Betv1, is highly homologous to a pea disease resistance response gene. *EMBO J*, 8: 1935-1938.
- Breiteneder, H., 2002: Molecular and biochemical classification of plant-derived food allergens. *Journal of Allergy and Clinical Immunology*, 106: 27-36.
- Kusaba-Nakayama, M.; M. Ki; M. Iwamoto; R. Shibata; M. Sato und K. Imaizumi 2000: CM3, one of the wheat alpha-amylase inhibitor subunits, and binding of IgE in sera from Japanese with atopic dermatitis related to wheat. *Food and Chemical Toxicology*, 38(2-3): 179-185.
- Mills, E.N.; J.A. Jenkins; M.J. Alcocer; P.R. Shewry 2004: Structural, biological, and evolutionary relationships of plant food allergens. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 44: 379 – 407.
- Nakamura, A.; S. Tanabe; J. Watanabe und T. Makino 2005: Primary screening of relatively less allergenic wheat varieties. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology*, 51(3): 204-206
- Saloga, J.; Klimek, L.; Buhl, R.; Mann, W.; Knop, J., 2005: *Allergologie-Handbuch. Grundlagen und klinische Praxis*. Verlag Schattauer, F.K., Deutschland, 1. Auflage
- Van Loon, L.C.; Pierpoint, W.S.; Boller, T.; Conejero, V., (1994) Recommendations for naming plant pathogenesis-related proteins. *Plant Mol. Biol. Rep*, 12:245-264.
- Van Loon, L.C.; Van Strien, E.A., 1999: The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 types proteins. *Physiol. Mol. Plant. Pathol*, 55: 85-97.

Beurteilung der genetischen Diversität für Blühzeit-Loci in Weizenlinien mittels molekularer Marker

A. Kunert, G. Wenzel*, C. Schön & M. Schmolke

Einleitung

Dieses BMBF-geförderte „klimazwei“-Projekt befasst sich mit der züchterischen Anpassung des Kulturweizens an den abiotischen Stresskomplex Dürre/Hitze. Zu den wichtigsten Mechanismen zur Vermeidung von Wasser- und Hitzestress gehört das Abreifen der Pflanzen vor Einsetzen der Hitze-/Trockenperiode. Es wird daher das genetische Potential zur Blühzeitverfrühung von Weizen evaluiert, welcher eine große Variabilität in Bezug auf den Blühzeitpunkt aufweist und damit eine Anpassung an die unterschiedlichsten Regionen weltweit bietet (u.a. Van Beem *et al.* 2005). Das genetische Potential der in Deutschland nicht adaptierten Linien soll über Kreuzungen zunächst in die deutschen Sommerweizensorten eingebracht und anschließend im neuen genetischen Hintergrund phänotypisch und molekulargenetisch untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden Doppel-Haploide (DH)-Kartierungspopulationen entwickelt. Die Induktion der Blüte und die weitere Differenzierung der Blühentwicklung sind äußerst vielschichtige Vorgänge. In der Regel sind für diese komplexen Eigenschaften neben mehr oder weniger zahlreichen Minorgenen auch stärker wirkende Allele verantwortlich. Durch den Einsatz molekularer Marker, die eine enge Kopplung zu den Zielgenen aufweisen, kann der Selektionsprozess von geeigneten Allelen beschleunigt werden.

Material und Methoden

Es wurden 174 Sommerweizen-Linien aus aller Welt einschließlich deutscher Sorten für eine Untersuchung der Blühzeitloci ausgewählt, welche u.a. die potentiellen Kreuzungseltern zur Erzeugung von DH-Kartierungspopulationen sind. Dieses Diversity panel wurde im Feldversuch 2008 in zwei Wiederholungen an zwei Standorten auf den Blühzeitpunkt und andere agronomische Merkmale untersucht. Weitere Feldversuche werden 2009 folgen. Zusätzlich wurden die Weizenlinien molekulargenetisch mit SSR-Markern und mit PCR-basierten Markern für die dominanten und rezessiven Vernalisationsgene (*Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*) und die Gene für reduzierte Wuchshöhe *Rht-B1* und *Rht-D1* untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl die nicht-adaptierten Weizenlinien in ihren Ursprungsländern früh blühen, war über ihr Blühverhalten unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland noch nichts bekannt. Das Diversity panel, das unter Feldbedingungen in Bayern angebaut wurde, zeigte eine Variation im Blühzeitpunkt von 38 Tagen. Die durchschnittliche Dauer der Tage bis zur Blüte lag bei 71 Tagen, während die deutschen Sorten, die für einen Vergleich dem übrigen Panel gegenübergestellt wurden, 75 Tage brauchten (Abb 1). Die SSR-Markeranalyse aller 174 Sommerweizen ergab 635 verschiedene Allele an 52 Loci. Im Durchschnitt wurden 12,7 Allele pro Locus detektiert, mit einem Minimum von 2 Allelen pro Locus und einem Maximum von 30 Allelen pro Locus. Die Bestimmung der genetischen Ähnlichkeit, mit SSR-Markern aus Genregionen mit

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Am Hochanger 4, 85350 Freising

* Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Alte Akademie 8, 85354 Freising

bekanntem Einfluss auf den Blühzeitpunkt (*Vrn*, *Ppd*), ergab ein separates Cluster der Weizenlinien aus Zentral- und Nordeuropa.

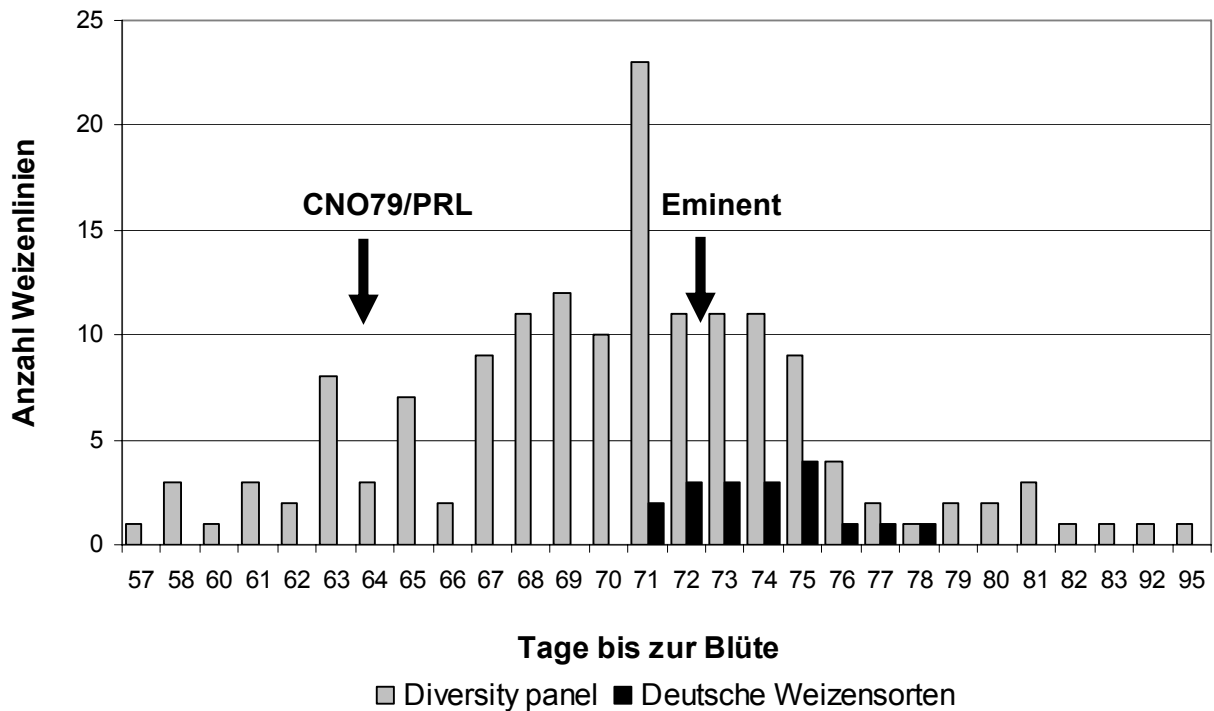


Abb 1: Variation im Blühzeitpunkt von insgesamt 174 Sommerweizen.

Die Pfeile zeigen die Eltern einer DH-Population.

Aus dem Weizensortiment wurden deutsche Sorten und nicht-adaptierte Weizenlinien als Kreuzungseltern zur Erzeugung von DH-Populationen ausgewählt. Als Beispiel sind die Eltern einer der DH-Populationen abgebildet (Abb 1). Diese zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Blühzeitpunkts und der genetischen Ähnlichkeit.

Die Verrechnung der phänotypischen und genotypischen Daten erlaubt eine genauere Beurteilung der Allel-Leistung in Hinblick auf den Blühzeitpunkt und andere agronomische Merkmale. Das Hauptziel ist es zu klären, ob Allele für eine frühe Blüte aus nicht-adaptierten Weizen die Leistung der deutschen Weizensorten unter zunehmender Fröhsommertrockenheit verbessern können.

Literatur

Van Beem, J.; V. Mohler, R. Lukmann, M. van Ginkel, M. William, J. Crossa, und A.J. Worland 2005: Analysis of Genetic Factors Influencing the Developmental Rate of Globally Important CIMMYT Wheat Cultivars. *Crop Science* 45: 2113-2119.

Diversitätstrends europäischer Maissorten

J. C. Reif & A.-E. Melchinger

Einleitung

Eine populäre Hypothese lautet, Pflanzenzüchtung reduziere die genetische Diversität im Elitezuchtmaterial. Hierbei kann die genetische Erosion den gesamten Zuchtpool betreffen, was einen nachhaltigen Zuchtfortschritt gefährdet (DUVICK et al. 2004). Zum anderen ist es möglich, dass die Diversität großflächig angebaute Sorten stark begrenzt ist. Dies birgt die Gefahr, dass die genetische Verwundbarkeit beim Anbau hoch ist. Die folgende Arbeit fasst die Ergebnisse zweier experimenteller Studien im Mais (REIF et al. 2005a,b) zusammen, bei der genetische Diversitätstrends in Mitteleuropa großflächig angebaute Sorten untersucht wurden.

Populationsstruktur von Landsorten

In der Studie von REIF et al. (2005a) wurden fünf Landsorten ausgewählt, die vor Beginn der Hybridzüchtung eine große Bedeutung für den Maisanbau hatten: Gelber Badischer Landmais, Maleksberger, Mahndorfer, Rheintaler und Strenzfelder. Pro Landsorte wurden 30 Individuen zufällig ausgewählt und mit 55 SSR-Markern molekular charakterisiert.

Die genetische Diversität (NEI 1987) der fünf Landsorten, die in der Studie von REIF et al. (2005a) vorgefunden wurde, war vergleichbar mit der des Stiff-Stalk-Pools (0.51), aber deutlich niedriger als die genetische Diversität des tropischen (0.68) und des Nicht-Stiff-Stalk-Pools (0.68) (LIU et al., 2003). Folglich können unsere Ergebnisse als Hinweis interpretiert werden, dass der ursprüngliche Mitteleuropäische Flintpool eine begrenzte genetische Variabilität aufweist. Als Ursachen kommen sowohl ein Flaschenhalseffekt während der Einfuhr von Mais nach Europa als auch ein Diversitätsverlust durch die selektive Anpassung an die klimatischen Verhältnisse in Mitteleuropa in Frage.

Diversitätstrends

Zwei Ereignisse in der jüngsten Geschichte der Maiszüchtung hatten einen entscheidenden Einfluss auf die genetische Diversität innerhalb und zwischen angebaute Sorten in Mitteleuropa (REIF et al. 2005b): (1) Der Wechsel vom Anbau offenbestäubter Sorten zum Anbau von Hybriden ab 1950 und (2) der Trend vom Anbau von Topcross- oder Doppelhybriden zu Dreiwege- und Einfachhybriden ab 1980. Wir haben die Bedeutung dieser Trends auf das Niveau und die Struktur der genetischen Diversität innerhalb und zwischen den Mitteleuropäischen heterotischen Gruppen untersucht (REIF et al. 2005b). Dafür wählten wir eine Stichprobe von 85 Maishybriden, die die bedeutendsten Maissorten der letzten fünf Dekaden beinhalten. Die elterlichen Komponenten der 85 Hybriden wurden mit den gleichen 55 SSR-Markern untersucht wie zuvor die fünf Landsorten.

Diversitätsverlust während der Etablierung der heterotischen Gruppen

Die durchschnittlichen Rogers-Distanzen zwischen einzelnen Genotypen einzelner Hybriden waren signifikant niedriger als die zwischen Genotypen einzelner Land-

* Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart.

**Landessaatzuchtanstalt, Universität Hohenheim, Fruwirthstr. 21, 70593 Stuttgart

sorten (Abbildung 1). Dies zeigt deutlich die reduzierte Diversität innerhalb großflächig angebauter Sorten und kann mit der geringen Anzahl an Genotypen erklärt werden, die für den Aufbau von Hybriden benutzt werden. Eine weitere Erklärungsmöglichkeit wäre gerichtete Selektion in der Hybridzüchtung. Mit gesteigerter Homogenität der Sorten wird ein höherer Ertrag erwartet, allerdings gleichzeitig eine erhöhte genetische Verwundbarkeit aufgrund des reduzierten Pufferungsvermögens bei biotischem oder abiotischem Stress (ALLARD und BRADSHAW 1964).

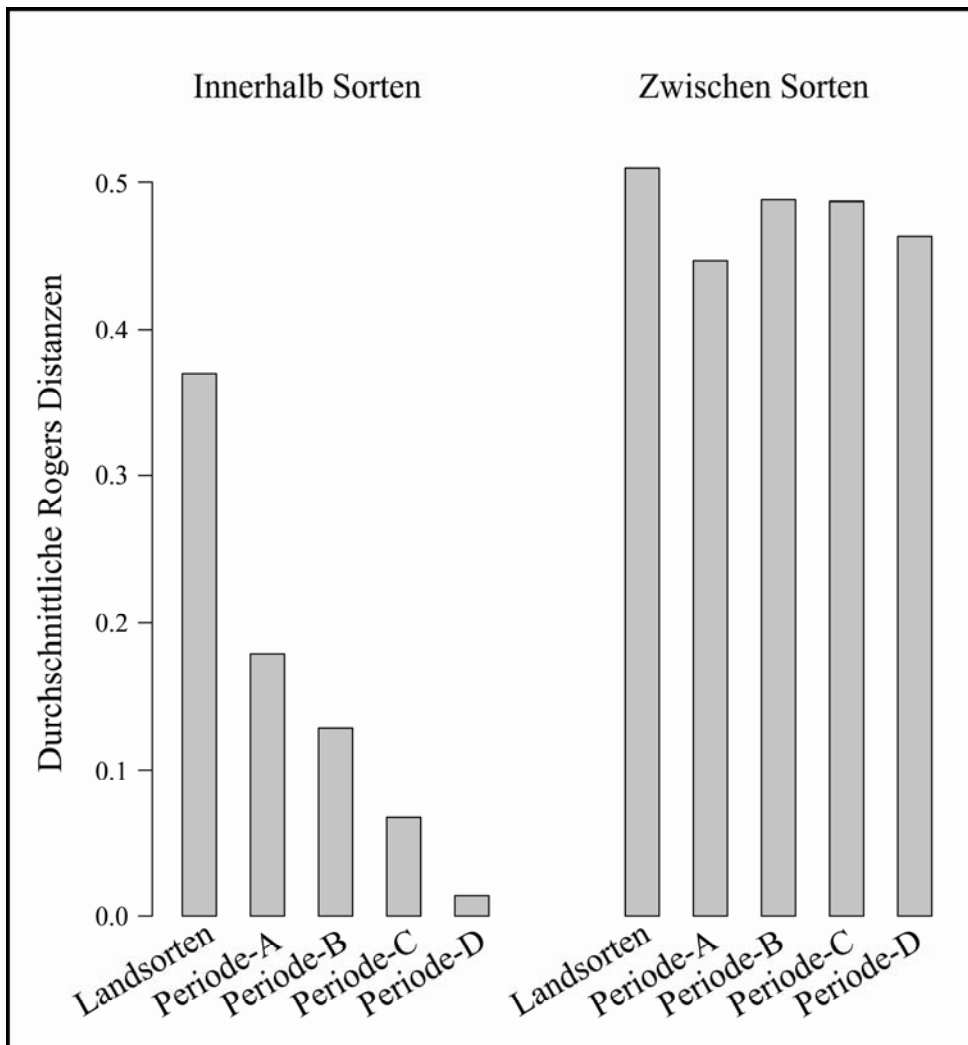


Abbildung 1: Durchschnittliche Rogers-Distanzen zwischen Genotypen derselben und verschiedener Sorten, basierend auf 55 SSR-Markern. Die 85 Hybriden wurden in vier Zeitperioden eingeteilt: A (1951-1976), B (1977-1985), C (1986-1995), D (1996-2001).

Zieht man die gesamte Population angebauter Sorten innerhalb bestimmter Zeitperioden in Betracht, kann die Reduktion der genetischen Diversität innerhalb von Sorten durch eine erhöhte Diversität zwischen Sorten ausgeglichen werden. Allerdings sind die durchschnittlichen Rogers-Distanzen zwischen Sorten ebenfalls von den Landrassen zu den Hybriden gesunken. Durch die zusätzlich eingeschränkte Anzahl an untersuchten Landsorten ist in dieser Gruppe die Diversität eher

unterschätzt. Folglich fand ein beträchtlicher molekularer Diversitätsverlust innerhalb, aber auch zwischen Sorten während des Wandels von Landsorten zu Hybriden statt.

Diversitätstrends während 50 Jahren Hybridzüchtung

Die genetische Diversität innerhalb von Hybridsorten sank monoton während der vergangenen 50 Jahre (Abbildung 1). Folglich ist die Diversität zwischen Sorten von verstärkter Bedeutung, diese sank aber in der letzten Zeitperiode ab. Hauptgrund hierfür ist der mehrfache Einsatz einzelner Elitelinien als Elternkomponente für unterschiedliche Hybriden (REIF et al. 2005b). Die mehrfache Verwendung von Linien erlaubt es den Züchtern, ihr Elitematerial optimal einzusetzen. Das führt unweigerlich zu einer reduzierten Diversität zwischen Hybriden.

Ein entscheidendes Kriterium für die Zulassung von neuen Sorten ist, dass sie in mindestens einem Merkmal den bisher zugelassenen Sorten überlegen sind. Das Hinzufügen eines Kriteriums „positiver Beitrag zur gestiegenen genetischen Diversität der verfügbaren Sorten“ würde innovative Züchter motivieren. Die vorgeschlagene Veränderung der Sortenzulassung, würde Pflanzenzüchter ermutigen, neues Genmaterial einzulagern und somit einem weiteren genetischen Diversitätsverlust in kommerziellen Hybriden vorbeugen.

Literatur

- Allard, R.W. u. A.D. Bradshaw, 1964: Implications of genotype-environment interactions in applied plant breeding. *Crop Science* 4:503–508.
- Duvick, D.N., J.S.C. Smith u. M. Cooper, 2004: Changes in performance, parentage, and genetic diversity of successful corn hybrids, 1930–2000. In: Smith CW, Betran J, Runge ECA (eds) *Corn: Origin, History, Technology, and Production*. Wiley, New York, pp 65–97.
- Liu, K., M. Goodman, S. Muse, J.S. Smith, E. Buckler u. J. Doebley, 2003: Genetic structure and diversity among maize inbred lines as inferred from DNA microsatellites. *Genetics* 165:2117–2128.
- Nei, M., 1987: *Molecular evolutionary genetics*. Columbia University Press, New York.
- Reif, J.C., S. Hamrit, M. Heckenberger, W. Schipprack, H.P. Maurer, M. Bohn u. A.E. Melchinger, 2005a: Genetic structure and diversity of European flint maize populations determined with SSR analyses of individuals and bulks. *Theoretical and Applied Genetics* 111:906-913.
- Reif, J.C., S. Hamrit, M. Heckenberger, W. Schipprack, H.P. Maurer, M. Bohn u. A.E. Melchinger, 2005b: Temporal trend of genetic diversity in European maize germplasm. *Theoretical and Applied Genetics* 111:838-845.

Populationsgenetische Methoden zur Untersuchung pflanzengenetischer Ressourcen

K. J. Schmid

Einleitung

Die Verwendung pflanzengenetischer Ressourcen hat eine lange Tradition in der Pflanzenzüchtung und dabei in hohen Masse zur Verbesserung von genetischen Zuchtmaterial beigetragen. Aus diesem Grund wird der Verwendung pflanzengenetischer Ressourcen in der 'zweiten grünen Revolution', die vielfach angemahnt wird, um die Ernährungssicherheit der Menschheit zu gewährleisten, eine zentrale Rolle zugeschrieben. Dabei besteht die Hoffnung, durch die systematische Charakterisierung von Landrassen, wilden Vorläuferarten und nahe verwandten Arten zu unseren Kulturpflanzen neue Gene für die Anpassung an extreme Standorte und Umweltbedingungen sowie neue Resistenzgene zu identifizieren.

Seit dem Ende des Zweiten Weltkriegs ist ein weltumspannendes System von Samenbanken zur Speicherung und Erhaltung der genetischen Vielfalt von Pflanzen entstanden, in denen Hunderttausende von Samenproben gespeichert sind. Diese Ressource stellt mittlerweile eine unentbehrliche Quelle für die Erzeugung neuer widerstandsfähiger und ertragsreicher Pflanzensorten dar. Daneben spielen die wilden Vorläuferarten eine immer grössere Rolle in der Zucht, um zusätzliche nützliche Variation zu identifizieren. Einschränkungen bei der Nutzung von Genbankmaterial und exotischem Keimplasma werden durch moderne Genomanalyse- und Phänotypisierungsverfahren zunehmend beseitigt.

Zum Beispiel ermöglichen aktuelle DNA-Sequenzierungsmethoden ('Next Generation Sequencing') eine umfassende genetische Analyse von Genbank-Material. Bisher wurde das Material mit wenigen genetischen Markern in einem aufwendigen Verfahren über Mikrosatelliten und Einzelnukleotidmarkern genotypisiert. Daraus wurden Schlüsse über die genetische Variation in der Sammlung gezogen, um redundante Akzessionen zu identifizieren und 'core collections' zu etablieren. Eine solche, auf wenigen Markern beruhende Abschätzung genetischer Variation ist mit hoher Unsicherheit verbunden, da diese oftmals zufällig isolierten Marker kein umfassendes Bild genetischer Variation in einer Sammlung vermitteln. Insbesondere Gene, die vorteilhafte Eigenschaften vermitteln (z. B. Resistenzgene) und sich durch ungewöhnliche Muster genetischer Variation auszeichnen, werden nur unzureichend erfasst. Mit den neuartigen Methoden der genetischen Analyse ist es nun möglich, genetische Variation in Tausenden von Genen zu charakterisieren und für züchterische und andere Anwendungen nützliche Variation gezielt zu identifizieren.

Der klassische Ansatz für die Verwendung genetischer Ressourcen ist die Kartierung genetischer Variation mit Hilfe der QTL Kartierung, Positionsklonierung und Assoziationskartierung. Ein Problem dieses 'top down' Ansatzes besteht in der Schwierigkeit, die genaue Position der Gene zu finden, welche den QTLs zugrundeliegen. Weiterhin berücksichtigen Kartierungen, vor allem solche, die auf biparentale Kreuzungen zurückführen sind, nicht die Evolutionsgeschichte einer Art. Die rasche Entwicklung von Methoden zur Untersuchung von Genome neue

* Prof. Dr. Karl Schmid, Swedish University of Agricultural Sciences, Genetikvägen 5, SE-75007 Uppsala, Schweden, Tel.: +46 673326, Email: karl@minzer-schmid.de Ab 1. Dezember 2008: Institut für Pflanzenzüchtung, Saatgutforschung und Populationsgenetik, Universität Hohenheim, Fruwirthstrasse 21, 70593 Stuttgart

Ansätze, genetische Ressourcen zu untersuchen. Dabei gewinnt man zunächst genomweite Muster genetischer Variation mit Hilfe moderner Genotypisierungstechnologien, um anschliessend mit den Methoden der Bioinformatik und Populationsgenetik nach 'Fussabdrücken' genetischer Variation zu suchen. Theoretische Untersuchungen zeigen, dass Gene, die unter natürlicher Selektion während der Anpassung 'wilder' Arten an ihre Umwelt evolvierten, aber Gene, die während der Domestikation und in modernen Zuchtprogrammen aufgrund der Verringerung genetischer Variation und erhöhtem Kopplungsungleichgewicht identifiziert werden können.

Solche Ansätze sind aber eine Herausforderung für die genetische und statistische Analyse, weil neue Wege für die Bearbeitung grosser Datenmengen gefunden (und in der Ausbildung von Studenten berücksichtigt) werden müssen. Andererseits können aber neue Fragestellungen untersucht und Anwendungen entwickelt werden. Die Populationsgenetik wird eine wichtige Rolle in diesem Prozess spielen, was anhand von zwei Beispielen dargestellt werden soll.

'Allele mining' eines Resistenzgens der Gerste

Nahezu alle modernen Gerstensorten enthalten das *rym4/5*-Resistenzgen gegen den Barley Yellow Mosaic Virus (BYMV)-Komplex. Weil die Resistenz nur auf zwei Allelen beruht, ist es wünschenswert, neue Allele zu identifizieren, die zu einer Erweiterung der genetischen Basis der Resistenz führen. In der Genbank des IPK Gatersleben wurde die genetische Variation des Resistenzgens im vorhandenen Material untersucht. Da aber mehr als 10,000 Gersten-Akzessionen in der Genbank zur Verfügung stehen, wurde das Resistenzgen nur in einer Stichprobe von gut 600 Akzessionen sequenziert. Mit Hilfe von Koaleszenzanalysen, einer wichtigen Simulationsmethode der Populationsgenetik, untersuchten wir die genetische Variation unter der Annahme, dass die sequenzierten Akzessionen eine repräsentative Stichprobe des gesamten Materials darstellen. Unsere Ergebnisse zeigen, dass wir einen Grossteil der allelischen Variation bereits erhalten haben, weil nur ca. 40 Polymorphismen im Genbankmaterial erwartet werden, von denen mehr als 30 in der sequenzierten Stichprobe enthalten sind. Mit Hilfe von populationsgenetischen Modellierungen ist es also möglich, Strategien für die effiziente Durchmusterung der in der Genbank enthaltenen genetischen Variation zu entwickeln.

Anpassung der Wildgerste an ökologische Vielfalt (Barley 1K Projekt)

Die Möglichkeit, genetische Variation im Hochdurchsatz zu charakterisieren, hat eine zunehmende Bedeutung des genetischen Materials zur Folge. Insbesondere wird die Charakterisierung von Landrassen und Vorläuferarten möglich und kann über Assoziationsgenetik zur effizienten Identifizierung von nützlicher genetischer Variabilität führen. In Zusammenarbeit mit Eyal Fridman von der Landwirtschaftlichen Fakultät der Hebräischen Universität in Rehovot/Israel haben wir eine Sammlung von mehr als Tausend Wildgersten aus ganz Israel entwickelt (<http://barley1k.googlepages.com>) und mit Mikrosatellitenmarkern genotypisiert. Unser Ziel war es, den Einfluss der Umweltbedingungen auf die genetische Struktur von Populationen zu charakterisieren, um Individuen zu identifizieren, die an extreme Standorte angepasst sind. Diese Populationen eignen sich für eine anschliessende Detailuntersuchungen und der genetischen Kartierung. Mit Hilfe von multivariaten Analysemethoden fanden wir, dass neben der geographischen Struktur vor allem Unterschiede in der Trockenstress und der mittleren Tagestemperatur den grössten

Einfluss auf die genetische Populationsstruktur ausüben. Diese Untersuchung weisen auf die grosse Bedeutung natürlicher Selektion auf die Strukturierung genetischer Variation und die Eignung der Wildgerste für diesen Forschungsansatz hin. Unser langfristiges Ziel ist es, diese Kollektion zu erweitern und mit Hilfe moderner Genomanalyse und Phänotypisierungsmethoden für genom-weite Assoziationsstudien zu entwickeln, um Gene und Marker für agronomisch interessante Merkmale zu identifizieren.

Genetische Diversität in *ex situ* Genbanken – Erhalt und Nutzbarmachung

A. Börner, M. Nagel, S. Landjeva & U. Lohwasser

Einleitung

Einer Schätzung der FAO zufolge lagern in Genbanken weltweit mehr als 6 Millionen Akzessionen pflanzengenetischer Ressourcen (FAO, 1998). Wahrscheinlich ist diese Zahl heute noch höher. Eine der größten Genbanken weltweit befindet sich am Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben. Nach der Zusammenführung mit den Sortimenten der ehemaligen BAZ Braunschweig werden dort insgesamt 148.000 Muster aufbewahrt. Das gelagerte Pflanzenmaterial stammt von Sammelexpeditionen, welche seit Beginn der Zwanziger Jahre des letzten Jahrhunderts bis heute in vielen Regionen der Erde durchgeführt wurden. Als Beispiele seien zu nennen: Anatolien 1928, Tibet 1938/39, Äthiopien/Eritrea 1938/39, Balkan 1941/42, Süditalien 1950, Iran 1952/54 oder China 1956/58/59 (Börner, 2006).

Aufbewahrt werden landwirtschaftlich und gartenbaulich genutzte Kulturpflanzen und verwandte Wildarten der gemäßigten Klimazone. Neben den Getreiden, die etwa 65.000 Muster umfassen, sind auch andere Fruchtartengruppen vertreten, wie Hülsenfrüchte (28.000 Sippen), Gemüse und Kürbisgewächse (18.000 Sippen), Kartoffeln (6.000 Sippen) oder Heil- und Gewürzpflanzen (6.000 Sippen) (Abb. 1).

Anzahl Akzessionen

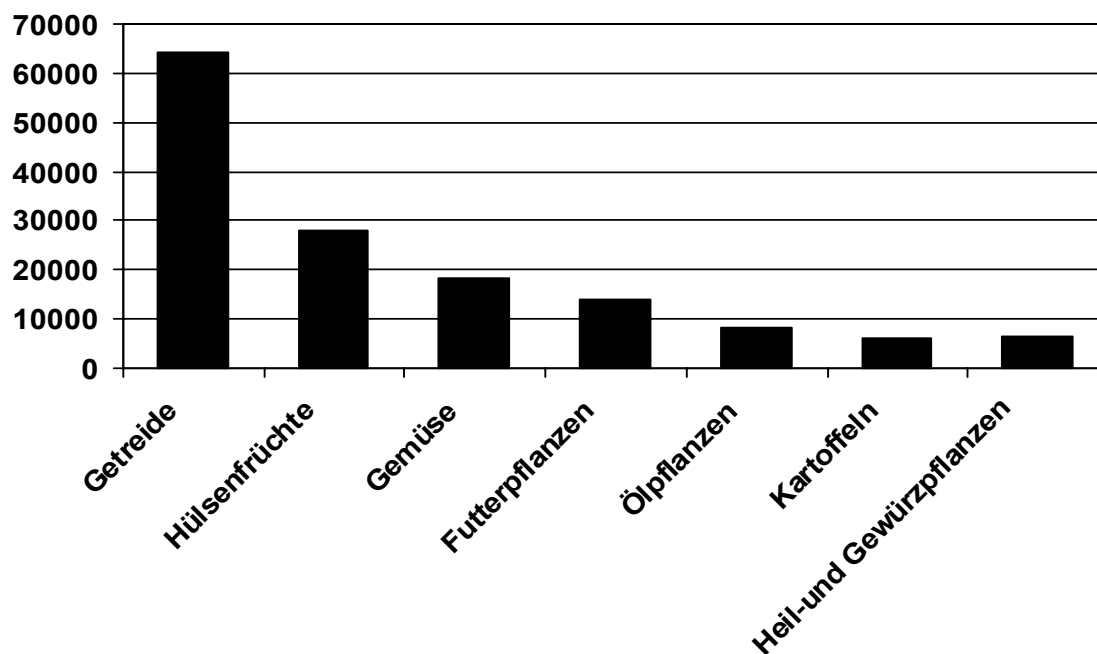


Abb. 1: Sortimentsbestand der bundeszentralen *ex situ* Genbank Gatersleben

Mit Ausnahme weniger Arten, die vegetativ im Freiland oder in klimatisierten Kulturräumen auf künstlichem Nährmedium (Gewebekultur) erhalten werden, sind die Sortimente als Saatgutmuster im Samenkühllagerhaus der Genbank gelagert. Das Samenkühllager ist mit fünf Kühlzellen ausgestattet, die bei einer Temperatur von 0°C bzw. -15°C betrieben werden. Die Abgabe von 15.000 – 20.000 Saatgutmustern pro Jahr macht einen kontinuierlichen Reproduktionsanbau im Freiland oder in Gewächshäusern erforderlich (8.000 - 10.000 Muster pro Jahr). Die Aufgaben der Genbank haben sich in den letzten Jahren vom Aufsammeln und Aufbewahren hin zur Charakterisierung und Auswertung des umfangreich vorhandenen Materials verschoben. Einen Schwerpunkt der Forschungsaktivitäten bildet die Untersuchung zur Langlebigkeit von Samen als Voraussetzung für eine künftige Nutzung der Sammlungen.

Material und Methoden

Da sowohl weltweit aber auch am IPK die Weizenkollektionen am umfangreichsten sind, wurde diese Gattung für einen Pilotversuch ausgewählt. Dieser enthielt insgesamt 100 Akzessionen, die aus dem Erntejahr 1974 stammen und die seit dem Jahre 1976, nach Fertigstellung des Samenkühllagers in Gatersleben, bei einer Temperatur von 0°C und einer relativen Luftfeuchtigkeit von 13% lagern. Neben *Triticum aestivum*, welche die dominierende Art darstellt, waren in geringerem Umfang auch Akzessionen von *Triticum durum*, *Triticum dicoccon* oder *Triticum baeoticum* vertreten (Tabelle 1). Eine erste Prüfung der Keimfähigkeit fand im Jahre 1978 statt. Wiederholt wurden die Akzessionen in den Jahren 1993 und 2007 geprüft.

Tabelle 1: Gattung, Art, Ploidiegrad und Anzahl der geprüften Akzessionen

Gattung	Art	Ploidiegrad	Anzahl Akzessionen
<i>Triticum</i>	<i>aestivum</i> L.	2n = 6x	53
<i>Triticum</i>	<i>durum</i> Desf.	2n = 4x	10
<i>Triticum</i>	<i>dicoccon</i> Schrank	2n = 4x	2
<i>Triticum</i>	<i>baeoticum</i> Boiss.	2n = 2x	2
<i>Triticum</i>	sp. Landrassenmischungen	2n = ?	13

Die Keimprüfungen erfolgten in Anlehnung an die ‚Internationalen Vorschriften zur Prüfung von Saatgut‘ nach ISTA (2005) in Keimrollen mit jeweils 100 Samen pro Wiederholung, Akzession und Prüfungsjahr. Die Keimrollen verblieben für 8 Tage auf dem Jacobsen Apparat RUMED Typ 5301. Das Temperaturregime im Wasserbad betrug 30°C am Tag (14 h Licht) und 20°C in der Dunkelphase (10 h Licht). Die Auszählungen erfolgten ebenfalls in Anlehnung an die ISTA Standards. Unterschieden wurden normale, anomale und faule Samen. Für die Versuchsauswertung wurden nur die ‚normal‘ gekeimten Samen verrechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Studie sind in der Abbildung 2 zusammengefasst dargestellt. Während sich nach Erstauszählung alle ausgewählten Akzessionen durch hohe Keimfähigkeiten im Bereich zwischen 90 und 100% auszeichneten, zeigte sich bereits nach 19 Jahren und insbesondere nach 33 Jahren eine deutliche Differenzierung zwischen den geprüften Akzessionen und somit eine intraspezifische Variabilität.

Während einzelne Akzessionen ihre Keimfähigkeit komplett verloren hatten, war sie bei anderen Mustern unverändert hoch (>90%). Die Unterschiede der Keimraten traten gleichermaßen innerhalb der hexaploiden, tetraploiden und diploiden Arten auf. Da das untersuchte Material im gleichen Jahr (1974) geerntet und anschließend aufbereitet wurde, können Umwelteinflüsse während des Vermehrungsanbaus und der Ernte bzw. Verarbeitung weitestgehend vernachlässigt werden. Die aufgefundene Variabilität innerhalb der Gattung *Triticum* hat somit eine genetische Ursache. Vergleichbare Ergebnisse wurden auch bei *Hordeum* (Nagel und Börner, 2008) und *Sorghum* (Nagel et al., unveröffentlicht) gefunden.

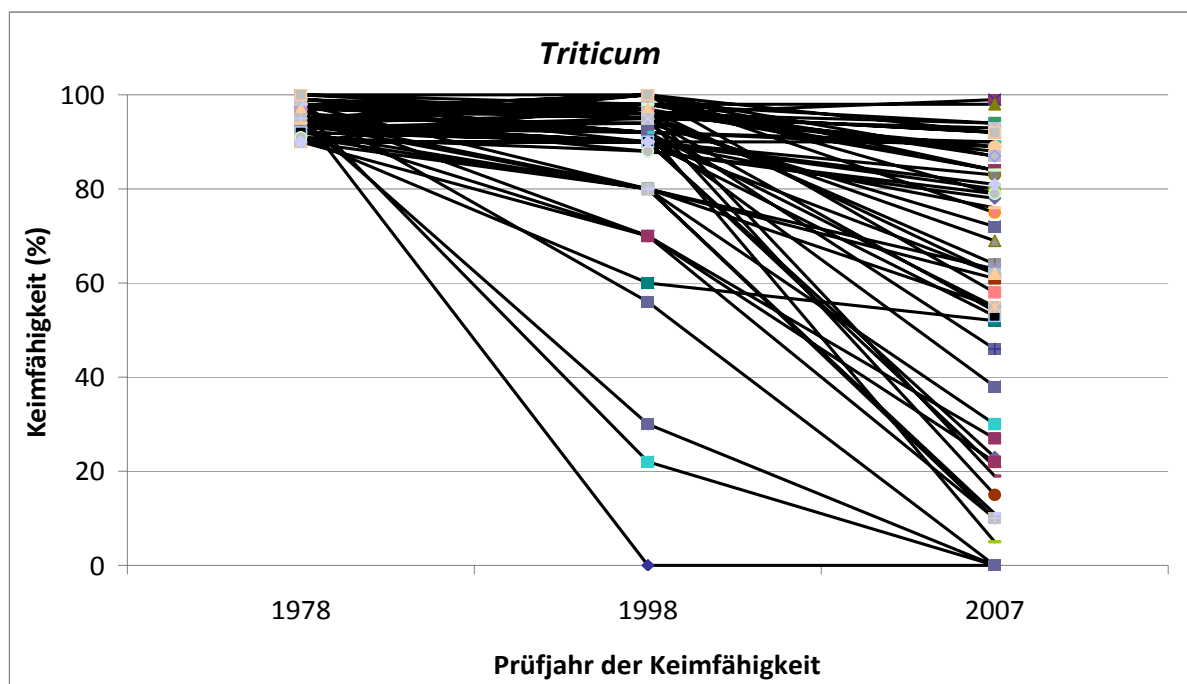


Abb. 2: Keimfähigkeits-Monitoring von Akzessionen der Gattung *Triticum*, gelagert bei 0°C und 13% relativer Luftfeuchte

Aufgrund der vorliegenden Resultate sollten Aussagen, getroffen im Zusammenhang mit der Eröffnung der internationalen Samenbank auf Spitzbergen, unbedingt relativiert werden. Äußerungen in der offiziellen Pressemitteilung wie: ‚Bei minus 20 Grad Celsius aufbewahrt, können manche Samen im Tresor mehr als Tausend Jahre keimfähig bleiben...‘Gerstensamen beispielsweise hält sich bis zu 2.000 Jahre, Weizensamen 1.700 Jahre und der Samen von Sorghum fast 20.000 Jahre‘ (<http://www.croptrust.org/main/arctic.php?itemid=211>) sind so nicht haltbar.

Literatur

- Börner, A. 2006: Preservation of plant genetic resources in the biotechnology era. *Biotechnology Journal* 1: 1393-1404.
- FAO 1998: The state of the world's plant genetic resources for food and agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 510 pp.
- ISTA 2005: Internationale Vorschriften zur Prüfung von Saatgut. Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung, Basserdorf
- Nagel, M. und A. Börner 2008: Inter- und intraspezifische Variabilität der Lebensfähigkeit von Saatgut in der bundeszentralen ex situ Genbank in Gatersleben. Gleicher Tagungsband.

Quellen von Brandresistenzen bei Weizen, Gerste und Hafer zur Nutzung im Ökologischen Landbau

H. Spieß, N. Lorenz, M. Herrmann*, E. Koch**
& K.-J. Müller***

Einleitung

Im Ökologischen Landbau (ÖL) nehmen die saatgutübertragbaren Brandkrankheiten wegen ihrer schweren Bekämpfbarkeit einen hohen Stellenwert ein. In den vergangenen Jahren hat sich diese Problematik einerseits durch die Ausweitung der Anbaufläche und andererseits durch die EU-Verordnung Nr. 1452/2003, wonach Saatgut aus ÖL stammen muss, noch verstärkt. Die Bekämpfung dieser Ährenerkrankungen ist notwendig, weil erhebliche Ertragseinbußen eintreten können. Außerdem sind die Sporen giftig, was die Nahrungs- bzw. Futterqualität beeinträchtigt. Besonders gefürchtet ist das Auftreten von Brand in der Öko-Züchtung und Saatgutvermehrung. Bereits drei bis fünf Brandähren - bei Zwergsteinbrand eine - pro 150 m² führen zur Aberkennung der Vermehrungsbestände. Bei den relevanten Brandkrankheiten handelt es sich bei Weizen und Dinkel, aber auch Emmer, Einkorn und Triticale um den Stein- oder Stinkbrand (*Tilletia tritici*), den Zwergsteinbrand (*T. controversa*) und den Flugbrand (*Ustilago tritici*), bei Gerste um Flugbrand (*U. nuda*) und Hartbrand (*U. hordei*) sowie bei Hafer um Flugbrand (*U. avenae*). Nur wenige praktikable Mittel bzw. Verfahren stehen dem ÖL zur Sanierung von befallenem Saatgut zur Verfügung. Noch am ehesten sind die Brände, bei denen die Sporen dem Korn anhaften, bekämpfbar. Dagegen können die Flugbrände, bei denen sich das Mycel im Inneren des Kornes befindet, derzeit nur physikalisch bekämpft werden. Das Auffinden widerstandsfähiger Sorten bzw. die Resistenzzüchtung stellt daher eine wesentliche Seite einer Bekämpfungsstrategie mit hoher Nachhaltigkeit dar. Allerdings besteht das Problem, dass die Verfügbarkeit resistenter Sorten kaum bekannt ist, weil in der Vergangenheit keine diesbezüglichen Züchtungsprogramme aufgelegt wurden und in der Sortenzulassung die Anfälligkeit auf Getreidebrand nicht berücksichtigt wird. In den letzten Jahren wurden deshalb an verschiedenen Institutionen Sortenspektren sowie Resistenzsortimente von Winter- und Sommerweizen, Winter- und Sommergerste sowie Sommerhafer auf Brandanfälligkeit evaluiert. Im Folgenden werden die Ergebnisse im Überblick dargestellt und die Nutzung der Resistenzquellen diskutiert.

Material und Methoden

Die Untersuchungen zur Brandanfälligkeit der Getreide, auf welche sich die dargestellten Ergebnisse im Wesentlichen beziehen, wurden im Zeitraum von 2002 bis 2007 unter den Bedingungen des ÖL durchgeführt. Je nach untersuchender Institution wurden die Versuche ein- bis fünfortig unter Verwendung verschiedener Brandherkünfte angelegt. Die Standorte befanden sich für Steinbrand in Bad Vilbel, Berlin-Dahlem, Darzau, Münster und Salem, für Zwergsteinbrand in Temmenhausen, für Gerstenflug- und -hartbrand in Bad Vilbel und Darzau sowie für Haferflugbrand in Groß Lüsewitz (einschließlich Gefäßversuchen) und Darzau. Die künstlichen Inokulationen erfolgten bei Steinbrand mit zwei Gramm Sporen pro ein kg Saatgut (Wächter et al. 2007), bei Hartbrand mit einem Gramm. Zwergsteinbrandsporen wurden als

IBDF im Forschungsring e.V., Zwst. Dottenfelderhof, Holzhausenweg 7, D-61118 Bad Vilbel

* JKI, Institut f. Züchtungsforschung, Rudolf-Schick-Platz 3a, OT Groß Lüsewitz, D-18190 Sanitz

** JKI, Institut f. biologischen Pflanzenschutz, Heinrichstrasse 243, D-64287 Darmstadt

***Getreidezüchtungsforschung Darzau, GgfF e.V., Darzau Hof 1, D-29490 Neu Darchau

Suspension auf die Bodenoberfläche gesprüht (0,08 l Wasser + 1 g Sporen/m²). Die Flugbrandinokulation an Weizen und Gerste wurde zum Zeitpunkt des Blühbeginnes so vorgenommen, dass mittels Einwegspritze je ein Tropfen einer Sporensuspension von 100 mg Sporen pro Liter Wasser in jedes Blütchen injiziert wurde. Pro Sorte wurden zwei bis drei Ähren inokuliert. Der Prüfungsanbau unter natürlichen Infektionsbedingungen mit Sporenflug von benachbarten Parzellen durch Infektionsträgersorten wurde durch dreimalige Ausspritzung einer Sporensuspension während der Blüte unterstützt. Beim Haferflugbrand erfolgte für die Gewächshaus- und Freilandversuche die Inokulation der Sporen durch Immersion des Saatgutes mit einer Sporensuspension in der Konzentration: ein Gramm Sporen pro Liter Wasser (Herrmann 2006).

Ergebnisse und Diskussion

Weizensteinbrand: Die größte Steinbrandanfälligkeit weist Winterweizen auf, weshalb die Relevanz, über steinbrandresistente Sorten verfügen zu können, hier am größten ist. Dies gilt umso mehr, seit zunehmend bodenbürtige Infektionen beobachtet werden. Demgegenüber zeigt sich durch Frühjahrsaussaat der Sommerweizen nach eigenen Untersuchungen im Feld um den Faktor 100 geringer anfällig. Eine ebenso niedrige Anfälligkeit des Dinkels beruht dagegen auf dem Schutz des Kornes durch den Spelz. Die meisten Resistenzuntersuchungen haben sich daher auf Winterweizen bezogen. Von über 160 getesteten Sorten sind in Tabelle 1 europäische Sorten aufgeführt, die eine Widerstandsfähigkeit <10% Befall über mehrere Testjahre, teils auf mehreren Standorten gezeigt haben. Eine Eignung der zum Teil schwer verfügbaren Sorten für ökologischen Anbau liegt nur sehr bedingt vor. Deshalb wer-

Tab. 1: Europäische Winterweizensorten mit geringer Steinbrandanfälligkeit (<10%)

Sorte	Befall [%]					Mittel
	2003	2004**	2005**	2006**	2007**	
Check ¹	82,5**	84,9	73,8	79,1	87,8	81,6
Korund (D) ²	5,8*	2,8	-	-	8,2	5,60
Fold	1,4**	8,2	9,8 (2001)	-	-	4,85
Trintella	0,6**	10,0	-	2,5	2,8	3,98
Magnifik (UA) ²	0,1*	0	0	1,0	1,1	0,58
Tambor (D) ²	1,8*	0,3	-	0,9	1,1	1,03
Lars (EST,UA) ²	0**	0,5	-	-	-	0,25
Bill (EST,UA) ²	-	-	-	1,1*	1,0	1,05
Tommi (D) ²	0,6	0,2	-	-	0,4	0,40
Globus (CZ) ²	-	-	0	0	0,1	0,03
Stava (UA) ²	0,2	0,4	0,3	0,2	0,5	0,32
Tjelvar	0**	0 (2001)	-	0	-	0

*) Mittel fünf Standorte: Bad Vilbel, Berlin-Dahlem, Darzau, Münster, Salem; **) Standort Bad Vilbel
¹) Höchstbefall ²) verfügbare Sorte

den diese in der Öko-Züchtung bereits erfolgreich eingekreuzt. Für eine gezielte Resistenzzüchtung kann darüber hinaus auf eine Reihe von Genotypen aus Differentialsortimenten mit beschriebenen Resistenzgenen zurückgegriffen werden.

Bei Sommerweizen werden derzeit nur einortige Prüfungen (Bad Vilbel) zur Steinbrandresistenz durchgeführt. In Tests mit über 100 Genotypen blieben in drei Jahren Combi, Melon und Thasos, in zwei Jahren Nandu, Naxos und Devon sowie acht bisher einjährig getestete Sorten befallsfrei. Quattro wies zweimal 0% und einmal 0,2% Befall auf. Damit stehen geeignete Sorten für den ÖL in genügender Auswahl zur Verfügung. Von den Resistenzträgern Doubbi (Bt 14) und Carleton (Bt 15) zeigte sich in mehrortiger Prüfung bisher nur Doubbi resistent. Der Anbau widerstandsfähiger Sommerweizen stellt somit auch eine Alternative zum Winterweizen in steinbrandverseuchten Betrieben dar.

Zwergsteinbrand: Wegen des regional begrenzten Auftretens von *T. controversa* und den spezifischen Infektionsbedingungen liegen bisher nur zweijährige Untersuchungen mit Winterweizen auf einem Standort vor (Wächter et al. 2007). Von einem 30 Sorten umfassenden Testanbau 2002/03 erreichte Jubilar als Check-Sorte lediglich 16% Befall. Die Sorten mit guter Steinbrandresistenz waren auch hier wenig befallen: Stava 0%, Magnifik 0%, Tommi 1%, wobei auch der anfällige Pegassos bei 1% lag. Im zweiten Jahr wurde der Versuch mit sechs Sorten wiederholt. Bei deutlich erhöhtem Befallsdruck (Jubilar 33%) zeigten sich Tommi und Pegassos mit 15 und 17% anfällig. Künftig sollte die festgestellte hohe Widerstandsfähigkeit von Stava und Magnifik, aber auch anderer steinbrandwiderstandsfähiger Sorten systematisch auf Resistenz gegen *T. controversa* getestet werden.

Weizenflugbrand: Bei den mehrjährigen Prüfungen von Winterweizen in Bad Vilbel und Darzau mit künstlicher Inokulation der Blütchen blieben von rund 160 Sorten 41 befallsfrei, darunter die steinbrandwiderstandsfähigen Sorten Aron, Fold, Globus, Tambor und Türkis, aber auch die im ÖL genutzten Sorten wie Aszita und Goldblume (Tab. 2). Auf unterschiedliche Flugbrandrassen deutet hin, dass sich in Darzau Capo, Dekan und Flair mehrjährig resistent, aber in Bad Vilbel anfällig zeigten. Neben der genetischen bietet auch eine morphologische Resistenz durch Kleistogamie Schutz vor Flugbrandbefall. Bei der Prüfung unter natürlichem Infektionsdruck im Feld blieb bisher nur die genetisch gering anfällige Sorte Sobi befallsfrei.

Tab. 2: Europäische Winterweizensorten mit hoher Flugbrandresistenz. Bad Vilbel und Darzau 2003-2008

Aron	Excellenz	Lukull	Runal	Titlis	Vercors
Aszita	Fold	Magister	Scaletta	Tjelvar	
Bert	Globus	Noah	Solitär	Tommi*	
Cardos	Goldblume	Privileg	Tambor	Trintella	
Capo*	Lahertis	Renan	Taneda	Türkis	

Von Sommerweizen liegen Untersuchungsergebnisse von den Standorten Bernburg (Hobert & Kopahnke 2006) und von Bad Vilbel vor. In den unabhängig voneinander durchgeführten Untersuchungen zeigten sich übereinstimmend Fasan resistent und mit <10% Befall Picolo < Combi < Munk widerstandsfähig. Das gute Ergebnis von Naxos in Bernburg wurde mit einem Befall von 42% in Bad Vilbel nicht bestätigt. Auf letzterem Standort wiesen die europäischen Sorten Leguan, Michael, Pizol und Safrania bei dreijähriger künstlicher und zweijähriger natürlicher Infektion keinen Befall auf. Neben diesen zahlreichen Sorten sind für eine gezielte Resistenzzüchtung 13 getestete Linien aus Resistenzsortimenten verfügbar.

Gerstenflugbrand: Erfahrungsgemäß wird im Feld Gerste am stärksten von Flugbrand befallen. Deren Anfälligkeit wird seit 2002 in Bad Vilbel und Darzau

evaluiert. Von rd. 300 geprüften Wintergersten zeigten sich lediglich drei Handelssorten und zwölf Genbankmuster mehrjährig resistent. Zu ersteren gehören Astrid (A) und Carrero (D), die auch bei Testung gegen drei weitere Flugbrandherkünfte befallsfrei blieben. Laurena (A) wurde zweijährig sowohl bei künstlicher als auch bei natürlicher Infektion nicht befallen. Morphologisch resistent durch Kleistogamie zeigten sich nach zweijähriger Testung Jessica, einjährig Annicka, Campanile, Maximiliane, Mercedes und Merylin.

Auch für Sommergerste liegen mehrjährige Untersuchungsergebnisse auf den gleichen Standorten vor. Bisher blieb einzig Steffi befallsfrei. Dem ÖL stehen damit wenige widerstandsfähige Gerstensorten zur Verfügung, was die Züchtung resistenter Sorten unter Verwendung vorhandener Resistenzquellen wie z. B. Metcalfe (Un8), Jet (Un3/6) oder Ogalitsu notwendig erscheinen lässt.

Gerstenhartbrand: Parallel zu den Flugbranduntersuchungen wurden 111 Handelssorten der Wintergerste auf Hartbrandresistenz geprüft. Ohne Befall blieben 15 Sorten, darunter aktuell zugelassen und zweijährig geprüft ALISSA, bei einjähriger Testung Campanile, Maximiliane, Mercedes und Spektrum. Einen nur geringen Hartbrandbefall von >0 bis <1% wiesen 45 Sorten auf, darunter aktuell zugelassen Antalya, Bombay, Camera, Carat, Carrero, Cinderella, Elbany, Fee, Finita, Franziska, Landi, Ludmilla, Marilyn, Merlot, Naomie, Passion, Reni, Stephanie, Theresa, Vanessa und Verticale.

Die Hartbrandanfälligkeit der Sommergerste-Handelssorten wurde über zwei Jahre auf dem Standort Darzau getestet. Von 60 geprüften Sorten blieben 15 befallsfrei, darunter derzeit noch zugelassen Auriga und die Nacktgerste Lawina. Wenig anfällig (Befall >0 bis <1%) zeigten sich von 21 noch eingetragenen Sorten Alexis, Baccara, Eunova, Havanna, Margret, Orthega, Scarlett und Steffi. Für eine Hartbrandresistenzzüchtung steht damit ausreichend Material zur Verfügung.

Haferflugbrand: In zweijährigen Untersuchungen wurden 2002 bis 2003 an den Standorten Darzau und Groß Lüsewitz zum einen 100 Hafersorten auf ihre Anfälligkeit geprüft. Zum anderen wurden 216 *Avena sativa*-Akzessionen im Gewächshaus zusammen mit 40 Zuchtstämmen und Differentialsorten evaluiert. Von den 100 Sorten waren 10 befallsfrei, 16 blieben <1% Befall. Zwischen den Freiland- und Gewächshausprüfungen ergaben sich hohe gesicherte positive Korrelationen. Obwohl keine der Sorten in allen Tests befallsfrei blieb, können für einen ökologischen Anbau als gering anfällig Hamel, Boxer, Auteuil, Jumbo, Chantilly und Firth empfohlen werden. Inzwischen wurde auch SW Betania als resistent getestet. Neben dieser stehen nur noch Auteuil und Jumbo für den Anbau frei zur Verfügung. Für die Resistenzzüchtung sind zahlreiche Genbankmuster und ältere Sorten verfügbar.

Literatur

- Hobert, M. und D. Kopahnke 2006: Evaluierung deutscher Sommerweizensorten auf Resistenz gegenüber Flugbrand (*Ustilago tritici*). Vorträge Pflanzenzüchtung 86, 6
- Herrmann, M. 2006: Untersuchung europäischer Hafersorten auf Resistenz gegenüber Haferflugbrand (*Ustilago avenae*). Abschlussbericht. <http://www.orgprints.org/8334>
- Wächter R.; F. Waldow, K.-J. Müller, H. Spieß, B. Heyden, U. Furth, J. Frahm, W. Weng, T. Miedaner, D. Stephan und E. Koch 2007: Charakterisierung der Resistenz von Winterweizensorten und -zuchtlinien gegenüber Steinbrand (*Tilletia tritici*) und Zwergsteinbrand (*T. controversa*). Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutzd. 59: 30-39

Aufbau von genetisch diversen Ramschpopulationen für die Wintergerstenzüchtung

J. Léon, J. Rode*, L. Frese**, J. Ahlemeyer** & F. Ordon*

Einleitung

Die intensive Selektion zur Verbesserung der Leistungsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit wurde auch in der Gerste von einer Abnahme an genetischer Diversität begleitet. Für eine langfristige Züchtungsstrategie, die insbesondere neue Herausforderungen wie z.B. durch den Klimawandel mit berücksichtigen soll, ist es wichtig, ein Management von genetischen Ressourcen zu entwickeln, bei dem einerseits eine Verbesserung der Population stattfindet, andererseits aber keine oder nur wenige günstige Allele verloren gehen. Teilaspekte dieses Ziels können durch die Etablierung von genetisch diversen Ramschpopulationen erfüllt werden. Schnell (1980) entwickelte hierzu ein Konzept der „nachwachsenden genetischen Ressource“. Dieses Konzept ist auch für die Erhaltung pflanzengenetischer Ressourcen im Rahmen des Ex-situ- und On-farm-Management von Bedeutung, denn nach dem Gesetz zu dem Übereinkommen vom 5. Juni 1992 über die biologische Vielfalt (CBD) ist die Bundesrepublik Deutschland zur Anpassungen ihrer sektoralen nationalen Strategien, Pläne und Programme zur Erhaltung und nachhaltigen Nutzung biologischer Vielfalt verpflichtet. Hierbei ist es wichtig zu erwähnen, dass die verwendeten Methoden des Ex-situ-, In-situ- und On-farm-Management seitdem als komplementär und gleichwertig gelten. Insbesondere bei selbstbefruchtenden Kulturarten ist die dauerhafte Erhaltung genetischer Variabilität In-situ ohne genetische Rekombination und damit ohne natürliche oder artifizielle Kreuzungen wissenschaftlich ungeklärt.

Dem im folgenden beschriebenen Vorhaben liegt die Konzeption der „nachwachsenden genetische Ressource“ von Schnell (1980) zugrunde. Das Hauptziel besteht in der Erzeugung genetisch diverser Wintergersten-Ramschpopulationen durch Kreuzung von 32 mehrzeiligen Wintergerstensorten aus verschiedenen Zulassungszeiträumen, die einen großen Teil der genetischen Vielfalt des Sortenmaterials deutscher Wintergerste repräsentieren. Das Vorhaben dient a) der Erhaltung genetischer Vielfalt dieses Sortimentes bei gleichzeitiger Anpassung des Materials an den Klimawandel im Rahmen eines preiswerten Verfahrens und auf züchterisch interessantem Leistungsniveau, und b) der Herstellung von Forschungsmaterial für hochauflösende QTL-Kartierungen bei Gerste mittels assoziationsgenetischer Studien

Julius Kühn Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

* Rheinische Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz, Professur für Pflanzenzüchtung, Katzenburgweg 5, 53115 Bonn

** Julius Kühn Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

*** Justus-Liebig-Universität Giessen, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung I, Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen

Material und Methoden

Für die Auswahl der Kreuzungseltern standen drei Materialgruppen zur Verfügung:

- 1.) 64 mehrzeilige Gerstesorten aus einem gemeinsam von der Universität Giessen und dem Institut für Resistenzforschung und Stresstoleranz des JKI durchgeführten Projekt. Diese Sorten waren in ihrem Zulassungszeitraum (1960-2002) jeweils die bedeutendsten ihrer Dekade. Innerhalb der erwähnten Projekte wurden phänotypische Daten über 3 Jahre an jeweils 12 Standorten erfasst
- 2.) 153 ältere Genotypen aus einem Projekt der Universität Bonn Von diesen wurden zur Auswahl geeigneter Kreuzungseltern folgende Genotypen vorgeschlagen: Vulcan, Engelens 6-zeilig, Erfurt, Mammut, Brunhild, Sorna, Eckendorfer Mammut (alt), Engelens 2-zeilig, Hord. Hex. Giganteum, Tocka, Domina, Peragis, Engelens EA, Auslese aus Vogelsanger Gold und Frances.
- 3.) 10 nach 2002 zugelassene Sorten als potentielle Kreuzungseltern, die in einer Umfrage an alle deutschen Wintergerstenzüchter für den Evolutionsramschr benannt wurden.

Im Vorhaben wird das Kreuzungsschema MAGIC (**M**ulti-parent **A**dvanced **G**eneration **I**nter-cross) nach Cavanagh et al. (2008) verwendet. Die verschiedenen Gerstensorten wurden zunächst mittels 20 SSR-Marker charakterisiert, um genetisch divergente Kreuzungspartner selektieren zu können. Die Hauptkoordinatenanalyse wurde mit dem Programm NTSYSpc Version 2.11s durchgeführt. Mit Hilfe der Hauptkoordinatenanalyse soll die Übernahme einer möglichst großen genetischen Variabilität in die Elternpopulation sichergestellt werden. Für die Auswahl geeigneter Kreuzungspartner wurde die Darstellung in 4 Quadranten aufgeteilt. Pro Quadrant sollten möglichst 4 Kreuzungen durchgeführt werden. Bei deren Auswahl wurde auch auf das Vorkommen seltener Allele und die phänotypischen Daten geachtet, um in der späteren Ramschpopulation eine möglichst hohe genetische Diversität zu erreichen.

Ergebnisse und Diskussion

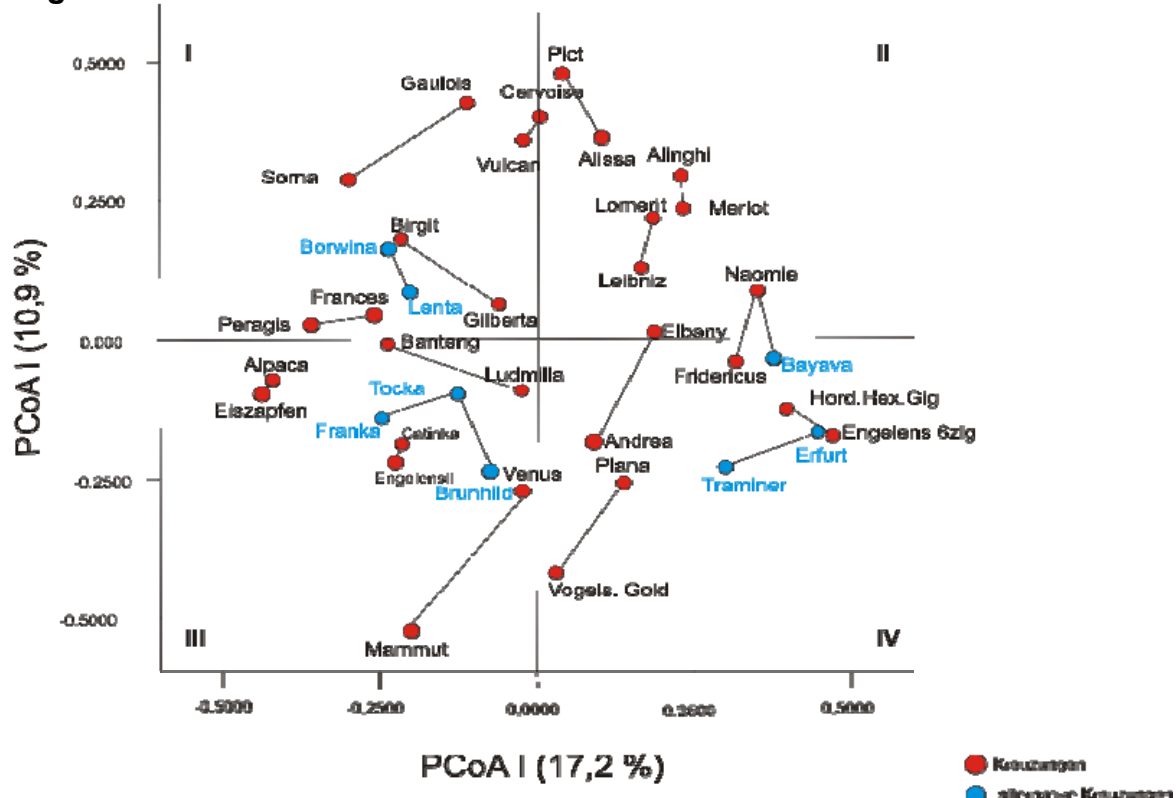


Abb. 1: Ergebnis der Hauptkoordinatenanalyse. Der Übersichtlichkeit halber sind nur die ausgewählten Kreuzungspartner in dieser Darstellung abgebildet. Elternpaare sind mit einer Linie verbunden.

Ziel ist es, trotz einer zu erwartenden genetischen Drift während der Etablierung der MAGIC-Population von 32 Eltern eine möglichst große genetische Diversität in die Ramschpopulationen einzubringen. Hierfür wurde zunächst darauf geachtet, dass ein möglichst großer Teil der Varianz in die Elternpopulation überführt wird. Von den potenziellen Elternlinien wurden mit Hilfe der Hauptkoordinatenanalyse genetisch ähnliche Genotypen für die Erzeugung einer F1-Nachkommenschaft ausgewählt. Dieses geschah, um eine ggf. vorhandene genetische Drift vorzugsweise auf gleiche Allele zu beschränken. Von allen Kreuzungen konnten zur Ernte im Jahr 2008 Saatgut gewonnen werden, welches momentan angebaut und mittels SSRs auf Hybridcharakter überprüft wird. In einem nächsten Schritt werden diese in 2009 erneut innerhalb der jeweiligen Quadranten gekreuzt. Die dritte und vierte Kreuzung erfolgt im Jahr 2010 und anschließend die Vermehrung der vierten Generation am Standort Quedlinburg voraussichtlich im Jahr 2011.

Anschließend soll das Material an 12 ökogeographisch kontrastierenden Standorten über mindestens 8 Jahre nachgebaut und damit einem unterschiedlichen Selektionsdruck ausgesetzt werden. Um entsprechende Neukombinationen und Verschiebungen in der Allelfrequenz erkennen zu können, werden die Populationen nach der Ausdifferenzierung mittels den bereits für das Elternscreening verwendeten molekularen Markern sowie zukünftig in die Untersuchungen einzubeziehender DArT und Illumina Marker charakterisiert. Des Weiteren werden zur Rückverfolgbarkeit solcher Veränderungen in jedem Jahr und an allen Standorten vom gesamten Pflanzenmaterial jeweils Rückstellproben genommen und konserviert. Von diesem Vor-

gehen sind einerseits Neukombinationen von Allelen zu erwarten, die in der Züchtung so nicht auftreten bzw. erkannt werden und es können Verschiebungen von Allelfrequenzen in Abhängigkeit von den Standort- und Klimabedingungen erfasst und genutzt werden. Das auf diese Weise generierte Material ist 1. für die Erfassung von Wechselwirkungen zwischen Allelen und für die Erfassung epistatischer Effekte, 2. für assoziationsgenetische Studien und 3. für die Untersuchung von Anpassungsprozessen in Kulturpflanzen hervorragend geeignet.

Literatur

Cavanagh, C., Morell, M., Mackay, I., and W. Powell 2008. From mutations to MAGIC: resources for gene discovery, validation and delivery in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 11: 215-221.
Schnell, F. W. 1980. Aspekte der genetischen Diversität im Problemkreis der Pflanzenzüchtung. *Göttinger Pflanzenzüchter-Seminar* 4: 5-15.

Haben Fruchtfolgen noch eine Bedeutung im modernen Pflanzenbau?

Prof. Dr. O. Christen

Einleitung

Die Entwicklung in der ackerbaulichen Flächennutzung ist in den letzten Jahrzehnten durch eine stetige Verkürzung der Fruchtfolgen gekennzeichnet. Die maßgebliche Bestimmungsgröße für diese Entwicklung ist im kurzfristigen ökonomischen Erfolg solcher Systeme begründet. Acker- und pflanzenbauliche Gesichtspunkte sind dagegen für die Gestaltung von Fruchtfolgen in den Hintergrund getreten. Besonders deutlich wird diese Diskrepanz beim Vergleich zwischen Lehrbuchempfehlungen zur Fruchtfolgegestaltung mit den Anbauverhältnissen in der landwirtschaftlichen Praxis (Christen 2001, Sieling et al. 2005, Kirkegaard et al. 2008). Dass dabei auch in der landwirtschaftlichen Praxis ein latentes Unbehagen hinsichtlich dieser Entwicklung besteht, zeigt eine aktuelle Diskussion im Ackerbauausschuss der DLG am Rande der diesjährigen Feldtage in Thüringen. Die dort vertretenen Praktiker wählten die Frage der Fruchtfolgegestaltung nach der Bodenbearbeitung auf den zweiten Platz bei den wichtigen Zukunftsthemen des Ackerbaus (Roßberg, mündliche Mitt.). Im Hinblick auf die zukünftige Entwicklung stellt sich daher die Frage, ob die Erkenntnisse der Fruchtfolgeforschung in modernen Anbausystemen zukünftig nur noch als unwesentliche Randbedingung berücksichtigt werden oder eventuell auch Gründe für eine Renaissance der Fruchtfolgeaspekte sprechen. Aus der Sicht der Wissenschaft steht dabei im Mittelpunkt inwieweit die Forschung hier einen Beitrag liefern kann. Doch agrarwissenschaftliche Forschung muss sich immer auch an der Relevanz und Übertragbarkeit in die Praxis messen lassen. Wenn diese Fragen beantwortet werden sollen, muss daher zwischen den drei Bereichen „Wissenschaft“, „Landwirtschaftliche Praxis“ und „Politik“ unterschieden werden. Selbstverständlich bestehen zwischen den drei genannten Bereichen erhebliche Wechselwirkungen; die möglichen Aktivitäten sind aber deutlich zu differenzieren.

Landwirtschaftliche Praxis

Der Erfolg von Verfahren der konservierenden Bodenbearbeitung ist eng mit einer möglichst vielfältigen Fruchtfolge verbunden. Besonders im intensiven Weizen- und Maisanbau zeigen sich bereits deutlich die Grenzen der kurzen Rotationen in Verbindung mit einer konservierenden Bodenbearbeitung und es nimmt teilweise die Intensität der Bodenbearbeitung wieder zu. Darüber hinaus gibt es einige phytopathologische Aspekte, die sich auf der Ebene der einzelnen Kulturart nicht oder nur sehr unzureichend lösen lassen. Zu nennen ist hier die Ausbreitung der *Rhizoconia* in Zuckerrüben (*Rhizoconia solani*), die in einem engen Zusammenhang mit dem Maisanbau steht (Führer Ithurat et al. 2004, Buhre et al. 2007). Gleichmaßen wird das Auftreten des Rübenzsystemälchens (*Heterodera schachtii*) vom Anteil des Winterrapses in der Fruchtfolge beeinflusst (Nielsen et al. 2003). Ein Sachverhalt, der in den letzten Jahren durch die Ausweitung des Rapsanbaus auch in Gebieten mit intensivem Rübenanbau eine hohe Brisanz bekommen hat. Und auch die Problematik der Mykotoxine in Weizen und Mais kann auch nur auf der Ebene der Fruchtfolge in Wechselwirkung mit der Bodenbearbeitung sachgerecht bearbeitet werden (Snijders 1990). Neben den häufig beschriebenen Vorteilen von

längeren Fruchtfolgen hinsichtlich der Ertragsreaktionen der einzelnen Kulturarten dürfte in Zukunft die Risikoverteilung durch längere Fruchtfolgen an Bedeutung gewinnen (Christen 2001). Stärkere Ertragsschwankungen sind hierbei einerseits aus den zu erwartenden klimatischen Veränderungen abzuleiten. Andererseits werden in einer Welt der entkoppelten Produktion und globaler Märkte auch ökonomisch auf die Betriebe neue Herausforderungen zukommen. Vielfältige Fruchtfolgen können hier einen Beitrag zur Risikoverminderung leisten. Mit weiter wachsenden Betriebsgrößen und einem fortschreitenden Strukturwandel werden auch Fragen der Arbeitsorganisation eine größere Relevanz erlangen. Hier zeigt bereits heute der Vergleich unterschiedlicher Betriebsstrukturen, dass größere Betriebe tendenziell vielfältigere Fruchtfolgen aufweisen.

Um in der landwirtschaftliche Praxis akzeptierte Lösungen zu finden, müssen die Ergebnisse der Forschung tatsächlich an den Realitäten auf den Betrieben orientiert sein und direkt umgesetzt werden können. Wissenschaftliche Ergebnisse, die sich allein an der Publizierbarkeit ausrichten, sind hier nicht ausreichend.

Politik

Der Gesetzgeber hat im Rahmen von Cross Compliance bereits indirekt Festlegungen zur Fruchtfolgegestaltung gemacht. Dass dieser ordnungsrechtliche Rahmen sich derzeit auf das Anbauverhältnis und nicht direkt auf die Fruchtfolge bezieht, ist dabei eher den Problemen der praktischen Handhabbarkeit als der tatsächlichen Zielsetzung des politischen Handlungsrahmens geschuldet.

Darüber hinaus hat die Fruchtfolge und das Anbauverhältnis bei der Quantifizierung und letztlich Verminderung von negativen Umwelteinflüssen eine erhebliche Relevanz. Betrachtungen von Stickstoffverlusten (siehe Wasserrahmenrichtlinie) oder Ermittlungen von Kohlenstoffbilanzen (siehe Entwurf einer europäischen Nachhaltigkeitsverordnung zur Produktion von Biomasse) sind sachgerecht nur auf der Ebene der Fruchtfolge oder auf höheren Skalenebenen durchführbar. Zu welchen Fehleinschätzungen man gelangen kann, wenn diese Aspekte nicht berücksichtigt werden, zeigt der vorliegende Entwurf der Verordnung zur nachhaltigen Produktion von Biomasse für eine energetische Nutzung. Hierbei werden sehr unterschiedliche Anbausysteme hinsichtlich ihrer CO₂-Vermeidungsleistung gegenübergestellt. Verglichen werden Plantagenkulturen wie Ölpalmen mit dem Anbau von Raps, Zuckerrüben oder Getreide, Biodiesel bzw. Ethanol. Das Ergebnis muss in einer Fehleinschätzung enden, da die Kulturen Zuckerrüben und Raps über die gesamte Rotation bilanziert werden müssen. Je nach Fruchtfolgegestaltung und –anteil ergeben sich dann deutlich abweichende CO₂-Vermeidungsleistungen. Vor dem Hintergrund, dass die Default-Werte aus der Nachhaltigkeitsverordnung als Maßstab für die Förderhöhe herangezogen werden, ist das eine kritische Vorgehensweise mit erheblichen wirtschaftlichen Konsequenzen. Ein weiteres Beispiel aus der politischen Diskussion ist die Frage nach der Höhe der Nutzung von Haupt- und Nebenprodukten für die energetische Nutzung ohne negative Auswirkungen auf die Menge und Qualität der organischen Bodensubstanz. Für die sachgerechte Bilanzierung spielt die Fruchtfolge eine zentrale Rolle. Fehleinschätzungen lassen sich nur sehr langfristig korrigieren.

Als Schlussfolgerung für den politischen Aspekt der Fruchtfolgebetrachtung ist eine größere politische Sichtbarkeit der pflanzenbaulichen Forschung anzumahnen, um auf mögliche Fehleinschätzungen hinzuweisen.

Forschung

Bei den exemplarisch hier genannten positiven Gesichtspunkten von vielfältigen Fruchtfolgen auf der Ebene der landwirtschaftlichen Praxis und der Politikberatung stellt sich umso stärker die Frage nach den Gründen der Entwicklung und der Rolle der pflanzenbaulichen Forschung zum Erhalt einer möglichst großen Diversität. In erster Linie sind hier die – von der Anbaufläche – kleinen Kulturarten zu nennen, die in der pflanzenbaulichen Forschung nicht vollständig vernachlässigt werden dürfen. Sinkt die Anbaubedeutung von Kulturarten, sind meist sehr viele Faktoren hierfür verantwortlich. Neben der Preis-Kosten-Relation, Vermarktungsoptionen, Aufwand bei Züchtung und Entwicklung von spezifischen Pflanzenschutzmitteln, um nur einige Beispiele zu nennen, kann die Forschung hier in bescheidenem Rahmen Impulse geben. In letzter Konsequenz müssen sich alle Systeme am Markt bewähren und daher ist die pflanzenbauliche Forschung auch gefordert, in Kooperation mit der landwirtschaftlichen Betriebslehre die monetären Effekte verschiedener Fruchtfolgen und Anbausysteme intensiver zu untersuchen. Die alleinige Betrachtung auf der Ebene der Naturalerträge reicht hierzu nicht aus, und es besteht hier noch erheblicher Forschungs- und Transferbedarf.

Aus der Blickrichtung der acker- und pflanzenbaulichen Forschung besteht keineswegs Grund zu übertriebener Selbstgefälligkeit in der Hoffnung, dass die heutigen Systeme ohnehin an ihre ökonomischen und ökologischen Grenzen kommen und dann quasi automatisch die Erkenntnisse der Fruchtfolgeforschung wieder verstärkt nachgefragt und auch berücksichtigt werden. Die pflanzenbauliche Forschung muss deutlich stärker als bisher die Verbindung zwischen Fruchtfolgeaspekten und unterschiedlichen produktionstechnischen Varianten berücksichtigen. Aufgrund der immensen Kosten von feldexperimentellen Untersuchungen mit unterschiedlichen Fruchtfolgen und/oder Varianten der Bodenbearbeitung gelangt die klassische empirische Vorgehensweise an ihre Grenzen und muss durch Modellansätze abgelöst oder zumindest sehr stark ergänzt werden. Allein der Zeiträumen und die Kosten zwingen zu dieser Entwicklung.

Fazit

Die Abfolge von Kulturarten auf dem Acker war und ist für die Landwirtschaft von herausragender Bedeutung. Dies ist aber nicht deckungsgleich mit der klassischen Sichtweise einer über Jahrzehnte konstanten Fruchtfolge. Diese Konstanz ist in der Landwirtschaft kaum noch zu realisieren. Mittel- und auch kurzfristige Reaktionen auf geänderte Preis-Kosten-Relationen müssen auch in der Forschung ihren Niederschlag finden. Insbesondere Fragen der Bodenbearbeitung in Wechselwirkung mit der Fruchtfolgegestaltung wurden bislang vernachlässigt. Aufgrund der immensen Kosten solcher experimentellen Ansätze im Rahmen von Feldversuchen müssen hier vermehrt auch Ansätze aus der Modellierung einbezogen werden. Ackerbau und Pflanzenbau müssen wieder im Gesamtzusammenhang betrachtet werden. Die Ergebnisse dieser Forschung müssen sich in ihrer Praxisrelevanz genauso beweisen wie in der Politikberatung nutzbar sein.

Literatur

- Buhre, C., Wagner, G., Kluth, C., Varrelmann, M., 2007: Einfluss der Fruchtfolge auf den Befall mit *Rhizoctonia solani* in Zuckerrüben, Zuckerrübe 3, 130-132
- Christen, O. 2001: Ertrag, Ertragsstruktur und Ertragsstabilität von Weizen, Gerste und Raps in unterschiedlichen Fruchtfolgen. Pflanzenbauwissenschaften, 5, 33-39

- Führer Ithurrart, M.E., Büttner, G., Petersen, J., 2004: Rhizoctonia root rot in sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *altissima*) – Epidemiological aspects in relation to maize (*Zea mays*) as a host plant, Z. PflKrankh. und PflSchutz 111, 302-31
- Kirkegaard, J., Christen, O., Krupinsky, J., Layzell, D., 2008: Break crop benefits in temperate wheat production. Field Crops Research, 107, 185-195
- Nielsen, E.L., Baltensperger, D.D., Kerr, E.D., Rife, C.L., 2003: Host Suitability of Rapeseed for *Heterodera schachtii*, Journal of Nematology 35(1):35–38. 2003.
- Sieling, K., Stahl, C., Winkelmann, C., Christen, O., 2005: Growth and yield of winter wheat in the first three years of a monoculture under varying N fertilization in NW Germany. European Journal of Agronomy 22, 71-84
- Snijders, C.H.A., 1990; Fusarium head blight and mycotoxin contamination of wheat, a review, European J. of Plant Pathology, 96, 187-198.

Chancen der Fruchtfolgeerweiterung im Energiepflanzenbau durch das Zweikultur-Nutzungssystem

R. Stülpnagel, C. von Buttlar, F. Heuser & M. Wachendorf

Einleitung

Schwerpunkt der Energiebereitstellung aus der Landwirtschaft ist neben der Erzeugung von Rapsöl als Kraftstoff der Anbau von Biomassen zur Biogasbereitung. Wichtigster Rohstoff hierfür ist der Silomais mit einem Anteil an der Anbaufläche von über 80%, gefolgt von Winterroggen. Insbesondere in viehhaltenden Regionen stieg der Maisanteil in den Fruchtfolgen hierdurch mancherorts schon auf über 50% an. Entsprechend der Erfahrungen aus der Praxis und aus langjährigen Fruchtfolgeversuchen sollte im Integrierten Landbau die Anbaukonzentration von Mais bei günstigen Standortbedingungen 40% und bei ungünstigen Bedingungen 25% nicht überschreiten (BAEUMER 1990). Gründe für diese Vorgabe sind sowohl die Gefahr der Bodenerosion und Nährstoffauswaschung während der Brachezeiten als auch ein verstärkter Krankheitsdruck (Fusariosen, Mais-Beulenbrand, Nematoden, Maiszünsler, Maiswurzelbohrer) als Folge zunehmender Anbaudichte.

Die Anforderungen an Alternativen zum Silomais sind hoch, denn sie müssen sowohl mit dem Ertrags- und Preisniveau vom Mais konkurrieren können, als auch Umweltvorteile in Bezug auf das Erosions- und Auswaschungsrisiko erbringen und zur Aufweitung der Fruchtfolgen beitragen. Chancen hierfür eröffnen sich nicht nur durch die Einbindung von bisher wenig genutzten sommerannuellen Kulturen in die Fruchtfolgen sondern auch durch die Wahl neuer Anbaukonzepte wie zum Beispiel eine Zweikultur-Nutzung (SCHEFFER und STÜLPNAGEL 1993). In ihr werden zunächst die winterannuellen Formen von Getreide, Leguminosen oder Kruziferen in Reinsaat oder als Gemenge angebaut und nahe dem Zeitpunkt der höchsten Biomassemenge zur Silagebereitung geerntet. Ihnen folgen als Zweitkulturen Sommerungen wie Sonnenblumen, auch in Mischung mit Mais, Sudangras, Zuckerhirse, Amarant, Buchweizen oder Hanf, die ebenfalls zur Silierung geerntet werden und als Rohstoff für Biogasanlagen dienen können. Eine Perspektive bietet hierbei nicht nur die Vielfalt der Pflanzenarten und der Anbau von Gemengen sondern auch der weitgehende Verzicht auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln und die Möglichkeit der Saat der Kulturen bei reduzierter Bodenbearbeitung.

Ziel eines dreijährigen Systemversuches an sieben Standorten im Bundesgebiet (FNR 2008) ist es, die Möglichkeiten und Grenzen eines solchen Anbaukonzeptes hinsichtlich des Standortes, der Pflanzenart und des Ertragspotenzials im Vergleich zum herkömmlichen Anbau zu prüfen. Auf der Basis der nunmehr zweijährigen Ergebnisse soll hieraus aus der Sicht der Pflanzenvielfalt berichtet werden.

Material und Methoden

Der Versuch, der mit seinen Varianten in Tab. 1 dargestellt ist, wird an allen sieben Standorten (Abb. 1) in gleicher Weise angelegt und durchgeführt. Nur die Höhe der Stickstoffgaben, die sich an den länderspezifischen Vorgaben auf der Basis des Sollwertkonzeptes orientieren, variieren von Ort zu Ort. In Anlehnung hieran wird entsprechend der vorgezogenen Ernten und der geringeren Ertragsleistung der Zweitkulturen im Vergleich zu einem Hauptfrucht-Anbau der N-Sollwert zur Realisierung verwertungsspezifischer N-Gehalte in der Biomasse vermindert.

Neben Zeiternten mit Bestimmung von N in Boden und Pflanze wird zur Endernte der

Tab. 1: Versuchsvarianten im Systemversuch [Angestrebtes Entwicklungsstadium (BBCH) zur Ernte]; *) Senf als Sommerzwischenfrucht

Hauptfrucht-Nutzung	Zweikultur-Nutzung	
Haupt- und Zwischenfrucht	Erstkulturen	Zweikulturen
Senf*) - Mais [BBCH 85]	Winterrübsen [ab BBCH 75]	Mais, Zuckerhirse, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Senf*) - Sonnenblume [BBCH 83]	Winterroggen Grünschnitt [ab BBCH 75]	Mais, Zuckerhirse, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Winterroggen Energie [ab BBCH 81]- Senf*)	Winterroggen Grünschnitt- Wintererbsen-Gemenge [ab BBCH 75]	Mais, Zuckerhirse, Sonnenblumen, Mais-Sonnen- blumen-Gemenge [BBCH 83]
Winterroggen Brotgetreide [BBCH 92] – Senf*)	Winterroggen Grünschnitt- Wintergersten-Gemenge [ab BBCH 75]	Sudangras, Amarant, Hanf, Mais- Sonnenblumen-Amarant- Gemenge [BBCH 83]

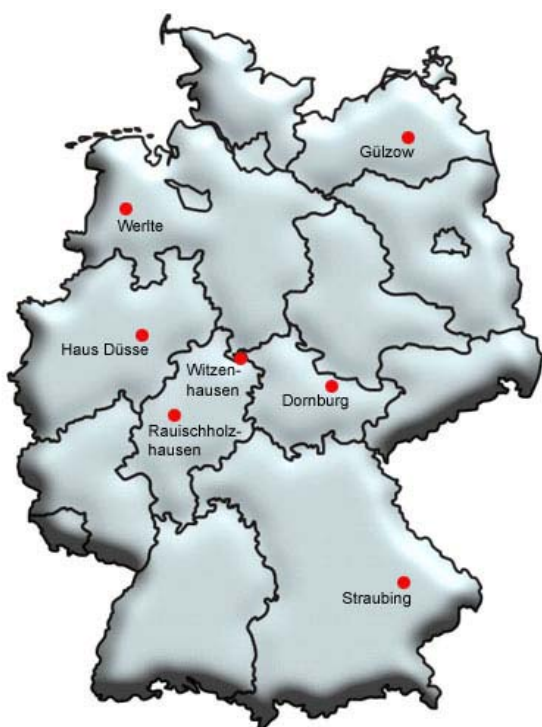


Abb. 1: Lage der Versuchsstandorte

Versuchsstandorte:

Dornburg; Thüringen;

8,8°C; 596mm; 193mm nFKWe; 65 BP

Gülzow; Mecklenburg-Vorpommern;

8,4°C, 559mm; 159mm nFKWe; 45 BP

Haus Düsse; Nordrhein-Westfalen

9,7°C; 800mm; 190mm nFKWe; 72 BP

Rauschholzhausen; Hessen

9,7°C; 627mm; 226mm nFKWe; 65 BP

Straubing; Bayern

8,3°C; 658mm; 157mm nFKWe; 76 BP

Werlte; Niedersachsen

9,0°C; 768mm; 134mm nFKWe; 31 BP

Witzenhäuser; Hessen;

8,2°C; 629mm; 200mm nFKWe; 80 BP

Sorten und Saatstärken:

Senf, *Setoria*, 25kg/ha; W-Rübsen, *Lenox*, 75 Korn/m²; W-Roggen, *Visello*, *Vitallo*, *Balistic*; 250 Korn/m²; W-Roggen + W-Erbsen- (EFB 33) 170 + 25 Korn/m²; W-Roggen + W-Gerste (*Lomerit*); 80 + 200 Korn/m²; Mais, *Aletico*, *KXA 5233*, Sonnenblume, *Methasol*, *Alisson*, alle 10 Korn/m²; Sorghum-Hybride, *Rhona1*; 25Korn/m²; Amarant, *Bärnkrafft*, 400-500 g/ha; Sudangras-Hybride, *Susu*; 25 kg/ha; Hanf, *Futura*, 400 Korn/m²

Parzellenertrag, der Gehalt an Inhaltsstoffen (Weender Analyse) und Nährstoffen ermittelt, um hieraus die Erträge an Methan (FNR, 2006) und weitere Kenngrößen für eine energetische Verwertung ableiten zu können (STÜLPNAGEL et al, 2008).

Darüber hinaus wird eine umfassende ökonomische (TOEWS und KUHLMANN, 2008) und ökologische Begleitforschung (DEUMLICH et al, 2008) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Hauptfrucht-Anbau nach der Zwischenfrucht Senf konnte im Mittel von zwei Jahren und sieben Standorten mit Mais ein signifikant höherer Jahresertrag erzielt werden als mit Sonnenblumen nach Senf bzw. Winterroggen zur Silierung (BBCH 83) und zur Ernte in der Vollreife gefolgt von Senf (Abb. 2, oben). Ebenso ist der Mais-Jahresertrag signifikant höher als der Jahresertrag bei einer Zweikultur-Nutzung mit Rübsen als Erstkultur sowie bei einer Zweikultur-Nutzung mit Sorghum-Hybride. Bei einer Zweikultur-Nutzung mit Roggen bzw. Roggen-Erbesen-Gemenge als Erstkulturen und Mais, Sonnenblume bzw. Mais-Sonnenblumen-Gemenge als

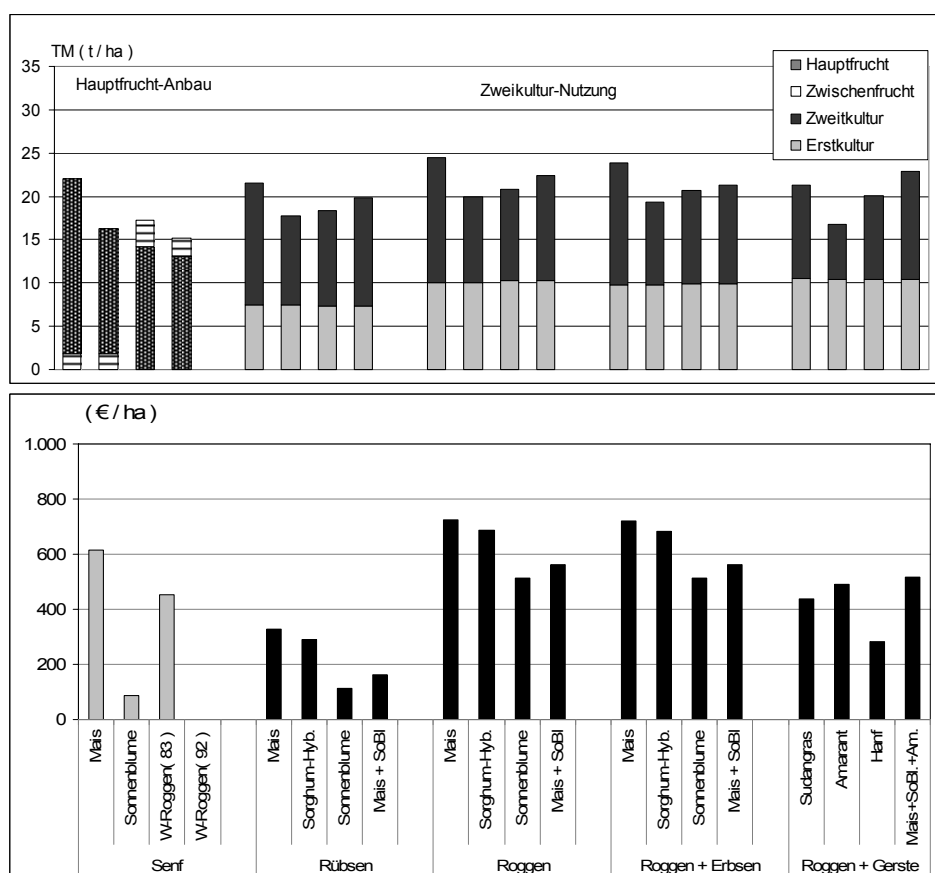


Abb. 2: Jahresertrag (t/ha; oben) und Jahresgewinnbeitrag (€/ha; unten) von Mais, Sonnenblume und Winterroggen nach Senf bzw. gefolgt von Senf im Hauptfrucht-Anbau mit Zwischenfrüchten (graue Säulen) sowie von Mais, Sorghum-Hybride, Sonnenblume, Mais-Sonnenblumen-Gemenge als Zweitkulturen nach Wintererbsen, Winterroggen und Winterroggen-Wintererbsen-Gemenge als Erstkulturen bzw. Sudangras, Amarant, Hanf und Mais-Sonnenblumen-Amarant-Gemenge nach Winterroggen-Wintergersten-Gemenge (schwarze Säulen) im Mittel der beiden Versuchsjahre (2006, 2007) und der sieben Versuchsstandorte.

Zweikulturen wurden signifikant höhere Erträge erzielt als mit Sonnenblumen bzw. Roggen in der Hauptfrucht-Nutzung. Gleiches konnte in den Varianten Sudangras-

Hybride, Hanf und Mais-Sonnenblumen-Amarant-Gemenge nach Roggen-Gersten-Gemenge festgestellt werden. Der Ertrag von Roggen gefolgt von Mais war sogar signifikant höher als der Jahresertrag von Mais in der Hauptfrucht-Nutzung.

Mit dem Ziel, die Palette der genutzten Kulturen in den Fruchtfolgen zu erweitern, eröffnet die Zweikultur-Nutzung zunächst die Möglichkeit eines vermehrten Anbaus von Sonnenblumen aufgrund der deutlichsten Ertragssteigerung. Aber auch für sehr Wärme liebende und frostempfindliche Pflanzen wie die Sorghum-Arten und der Amarant bietet die Zweikultur-Nutzung eine Perspektive, da die zur Verfügung stehende Vegetationszeit von der Ernte der Vorfrucht bis zur artbedingt späten Saat dieser Kulturen besser genutzt werden kann als mit Zwischenfrüchten. Größter Forschungs- und Entwicklungsbedarf in diesem Zusammenhang besteht darin, die Trockensubstanzgehalte zur Ernte dieser Kulturen zu erhöhen. Während Mais und Roggen-GPS in der Hauptfrucht-Nutzung sowie Roggen, Roggen-Erbсен-, Roggen-Gersten-Gemenge als Erstkulturen und Hanf als Zweitkulturen mit TS-Gehalten von 29-35% beste Voraussetzungen für die Silierung bieten, sind bei Sonnenblumen als Hauptfrucht, bei Rübsen als Erstkultur und allen Zweitkulturen außer Hanf sowie beim Senf im Mittel der Jahre und Standorte zur Ernte nur 18-22% TS erzielt worden. Da niedrige TS-Gehalte mit hohen Transportkosten für Erntegut und Gärrest verbunden sind, werden trotz hoher Felderträge und Gasausbeuten die Gewinnbeiträge geschmälert (Abb. 2, unten). Dies unterstreicht die Notwendigkeit, insbesondere bei Rübsen, Sonnenblume, Sorghum-Hybride, Sudangras und Amarant, die TS-Gehalte vornehmlich durch Züchtung zu steigern, um diese Kulturen zur Erweiterung der Fruchtfolgen nutzen zu können. Gleichzeitig sollte in diesem Rahmen versucht werden, das Tausendkorngewicht der kleinsamigen Kulturen zu steigern, um auch hier durch raschere Jugendentwicklung den Verzicht auf Herbizide realisieren und die mechanische Unkrautbekämpfung erleichtern zu können.

Danksagung: Die Autoren danken dem BMELV für die Förderung über die FNR.

Literatur

- Baeumer, K. (1990): Gestaltung der Fruchtfolge. In R. Diercks und R. Heitefuss (Hrsg.): Integrierter Landbau. Verlagsunion Agrar. Seite 110 – 135
- FNR (2006): Handreichung Biogasgewinnung und -nutzung. FNR, Gülzow. S. 86-96
- FNR (2008): FNR-Verbundprojekt „Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung“ www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm
- Deumlich, D., M. Glemnitz, J. Hufnagel, K. O. Wenkel und M. Willms (2008): Ökologie. In FNR-Verbundprojekt „Energiepflanzenan.“ www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm
- Scheffer, K. und R. Stülpnagel (1993): Wege und Chancen bei der Bereitstellung des CO₂-neutralen Energieträgers Biomasse - Grundgedanken zu einem Forschungskonzept. Der Tropenlandwirt, Beiheft Nr.49, 147–162
- Stülpnagel, R., W. Wiest, W. Klose und M. Wachendorf (2008): Fortschritte im Bereich der energetischen Wandlung von landwirtschaftlichen Kulturpflanzen durch erweiterte Analytik des Erntegutes. In DGMK-Fachtagung "Energetische Nutzung von Biomassen – Velen VIII", 14-16.04.08 in Velen, Tagungsband S. 199 – 206
- Stülpnagel, R.: Zweikultur-Nutzung. In Verbundprojekt „Energiepflanzenanbau zur Biogasgewinnung“ www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm
- Toews, T. und F. Kuhlmann (2008): Ökonomische Bewertung von Anbau und Nutzung. In FNR-Verbundprojekt „Energiepflanzenan.“ www.tll.de/vbp/vbp_idx.htm

Optimierung von Mischbeständen: Vergleich des substitutiven und additiven Ansatzes anhand eines Erbsen-Hafer-Gemenges

A. Neumann & R. Rauber

Einleitung

Der Anbau von Mischbeständen kann dazu beitragen, die Diversität von Ackerflächen zu erhöhen und diese gezielt zu nutzen, so dass Ertragsvorteile gegenüber Reinbeständen erzielt werden können. Insbesondere Mischbestände aus Leguminosen und Nicht-Leguminosen haben sich dabei als vorteilhaft erwiesen, da die Mischungspartner Stickstoffquellen komplementär nutzen können. Anhand eines Feldversuchs mit einem Erbsen-Hafer-Gemenge sollte ermittelt werden, bei welcher Gemengezusammensetzung der Ertragsvorteil am höchsten ist. Dabei wurden zwei verschiedene Ansätze verwendet, die in der Gemengeforschung geläufig sind: der substitutive und der additive. Bei dem häufig verwendeten substitutiven Ansatz wird die Gesamtdichte konstant gehalten, während die Aussaatstärken der Mischungspartner variiert werden. Der additive Ansatz dagegen hält die Aussaatstärke eines Mischungspartners konstant, während die des anderen und damit die Gesamtdichte variiert wird. Beide Ansätze bieten die Möglichkeit, eine Schätzung des maximalen Ertrags bei optimalen Aussaatstärken durchzuführen. Außerdem können bei der Anwendung beider Ansätze Parameter abgeleitet werden, die Interpretationen der Konkurrenzabläufe im Gemenge ermöglichen. Es sollte untersucht werden, inwieweit sich die Ergebnisse der Optimierung beider Ansätze unterscheiden und welcher Ansatz sich besser für die Auswertung von Feldversuchen eignet.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde in den Jahren 2002 und 2003 auf einem Auenlehm bei Göttingen durchgeführt. Erbse (*Pisum sativum* L., cv. Classic) und Hafer (*Avena sativa* L., cv. Alf) wurden in jeweils fünf verschiedenen Reinsaatstärken und insgesamt 16 unterschiedlichen Gemengezusammensetzungen angebaut (Tab. 1). So entstand ein Versuchsdesign, in dem zwei verschiedene Verdrängungsserien nach dem substitutiven Ansatz enthalten waren und alle untersuchten Gemenge dem additiven Ansatz zugeordnet werden konnten.

Tab. 1: Überprüfte Versuchsglieder mit den verschiedenen Aussaatstärken von Erbse und Hafer in Reinsaat und Gemenge

		Keimfähige Erbsensamen m ⁻²					
		0	40	60	70	80	120
	0		x	x	x	x ¹	x ²
Keimfähige	37,5	x	x ³	x ³	x ^{1,3}	x ³	
Haferkörner	75	x	x ³	x ^{1,3}	x ³	x ³	
m ⁻²	150	x	x ^{1,3}	x ³	x ³	x ^{2,3}	
	300	x ¹	x ^{2,3}	x ³	x ³	x ³	
	450	x ²					

¹ Verdrängungsserie 1, bestehend aus den Reinsaaten mit 80 Erbsen- und 300 Hafersamen m⁻² und den Gemengen aus 50% Erbse : 50% Hafer, 75% Erbse : 25% Hafer, 87,5% Erbse : 12,5% Hafer

² Verdrängungsserie 2, bestehend aus den Reinsaaten mit 120 Erbsen- und 450 Hafersamen m⁻² und den Gemengen aus 33% Erbse : 67% Hafer und 67% Erbse : 33% Hafer

³ Additive Gemenge

Vor und während der Vegetation wurde keine Stickstoffdüngung durchgeführt. Nach dem Feldaufgang der Kulturen wurde die Anzahl Pflanzen m^{-2} bestimmt. Zur Reife beider Gemengepartner wurden die Kornerträge von Erbse und Hafer in Reinsaat und Gemenge ermittelt. Die Auswertung und Optimierung der Erträge der substitutiven Gemenge erfolgte nach De Wit (1960), die der additiven Gemenge mithilfe des hyperbolischen Drei-Parameter-Modells nach Wright (1981), welches eine Erweiterung des additiven Ansatzes darstellt, bei dem die Dichten beider Gemengepartner unabhängig voneinander variiert werden.

Bei der Anwendung des substitutiven Ansatzes werden Konkurrenzkoeffizienten für die Mischungspartner Erbse (k_{eh}) und Hafer (k_{he}) ermittelt, die das Konkurrenzvermögen der Gemengepartner widerspiegeln. Außerdem entstehen dabei zweidimensionale Ertragskurven, die das Maximum und die optimalen Dichten anzeigen.

Beim hyperbolischen Drei-Parameter-Modell werden die reziproken Einzelpflanzen-erträge von Erbse (Y_{eh}^{-1}) bzw. Hafer (Y_{he}^{-1}) im Gemenge in folgenden Gleichungen dargestellt: $Y_{eh}^{-1} = b_0 + b_1 d_{eh} + b_2 d_{he}$ bzw. $Y_{he}^{-1} = c_0 + c_1 d_{he} + c_2 d_{eh}$, wobei d_{eh} bzw. d_{he} die Dichten von Erbse bzw. Hafer im Gemenge darstellen. Die Parameter b_0 bzw. c_0 stellen den reziproken Einzelpflanzenenertrag von Erbse bzw. Hafer dar, der ohne Konkurrenz zu erwarten wäre. b_1 bzw. c_1 geben den Einfluss der eigenen Spezies auf den Einzelpflanzenenertrag wieder, d.h. den Einfluss der Erbsendichte auf den Erbsenertrag bzw. der Haferdichte auf den Haferertrag. b_2 bzw. c_2 zeigen, inwieweit die Dichte des Mischungspartners den Einzelpflanzenenertrag einer Spezies beeinflusst, d.h. die Haferdichte den Erbsenertrag bzw. die Erbsendichte den Haferertrag. Somit können die Parameter b_1 und c_1 als Maß für die intraspezifische Konkurrenz gesehen werden, während b_2 und c_2 die interspezifische Konkurrenz widerspiegeln. Der additive Ansatz führt zu dreidimensionalen Ertragskurven.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Jahres 2003 dargestellt und diskutiert.

Ergebnisse und Diskussion

Substitutiver Ansatz

Obwohl die angestrebte Pflanzenzahl m^{-2} aufgrund von Mäusefraß nicht erreicht wurde, konnte beim substitutiven Ansatz definitionsbedingt nicht die tatsächliche Pflanzenzahl in die Berechnungen eingehen. Grundlage für den substitutiven Ansatz sind die angestrebten Pflanzenzahlen m^{-2} von Reinsaat und Gemenge. Dies stellte sich als ein Nachteil dieses Ansatzes in Bezug auf Feldversuche dar.

Beide Verdrängungsserien wiesen Mischbestände auf, bei denen die Kornerträge denen der jeweiligen Reinsaaten überlegen waren (Abb. 1). Die Optimierung der Verdrängungsserie 1, deren Reinsaaten sich an den praxisüblichen Pflanzendichten orientierten, ergab einen maximalen Kornertrag von 57 dt ha^{-1} bei einer Aussaatdichte von 81 % Erbse (65 Samen m^{-2}) und 19 % Hafer (57 Körner m^{-2}). Damit lag der maximale Kornertrag im Gemenge 13 dt ha^{-1} höher als der Erbsen- und 7 dt ha^{-1} höher als der Haferreinsaatsertrag. Bei der Verdrängungsserie 2, deren Reinsaaten 50 % höhere Pflanzenzahlen anstrebten als die praxisüblichen Reinsaaten, wurde ein Maximalertrag von 58 dt ha^{-1} bei 71 % Erbse (85 Samen m^{-2}) und 29 % Hafer (131 Körner m^{-2}) gefunden. Der Kornertrag dieses Gemenges übertraf die Erbsenreinsaat um 17 dt ha^{-1} und die Haferreinsaat um 8 dt ha^{-1} . Verdrängungsserie 2 wies damit einen höheren relativen Ertragsvorteil gegenüber den Reinsaaten auf.

Die Konkurrenzkoeffizienten von Erbse (k_{eh}) und Hafer (k_{he}) zeigten, dass der Hafer der deutlich konkurrenzkräftigere Gemengepartner im Vergleich zur Erbse war ($k_{he} > k_{eh}$), insbesondere bei der geringeren Gesamtdichte (Abb. 1). Außerdem war von der weniger dichten zur dichteren Variante einer Erhöhung von k_{eh} und einer Abnahme

von k_{he} zu beobachten. Den Interpretationen des substitutiven Ansatzes folgend, stieg somit mit zunehmender Dichte das Konkurrenzvermögen der Erbse an, während das des Hafers abnahm.

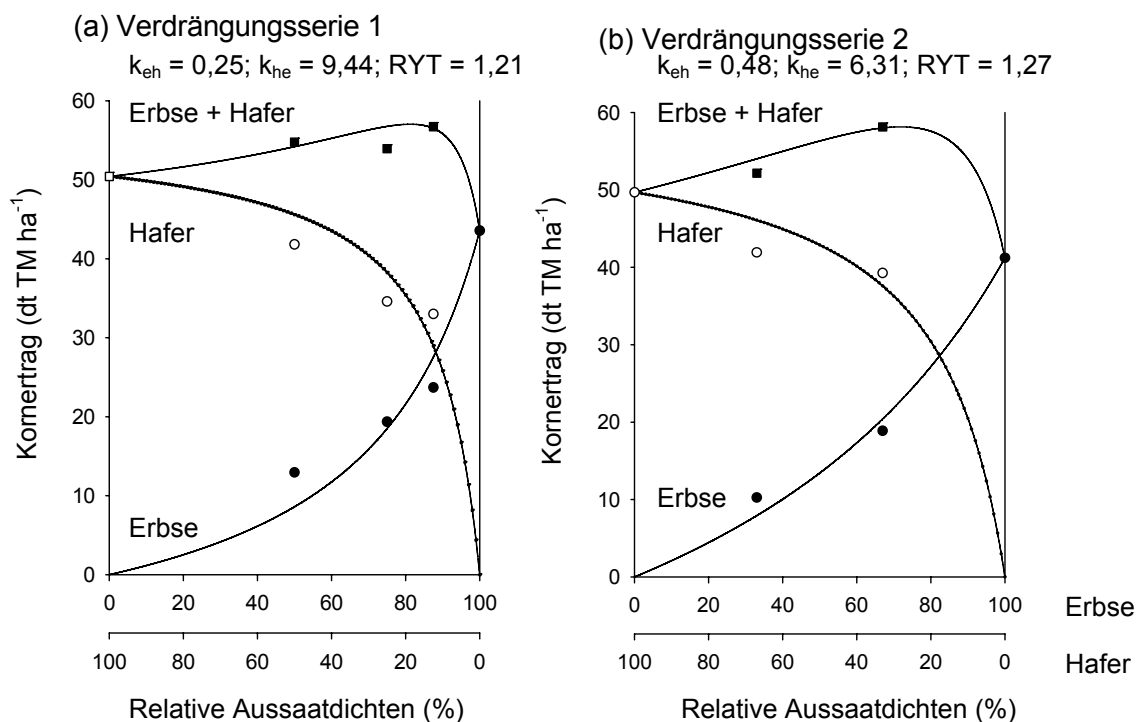


Abb. 1: Verdrängungskurven für die Kornerträge der beiden Verdrängungsserien, sowie die jeweiligen Verdrängungskoeffizienten von Erbse (k_{eh}) und Hafer (k_{he})

Additiver Ansatz

Für den additiven Ansatz sind keine Reinsaaten nötig, so dass ausschließlich die Gemenge mit den tatsächlich ermittelten Pflanzenzahlen beider Gemengepartner in die Berechnungen eingeflossen sind. Damit wurde im Dichtebereich von 24 bis 70 Erbsenpflanzen m^{-2} und 14 bis 266 Haferpflanzen m^{-2} untersucht. Die Unabhängigkeit des additiven Ansatzes von den Reinsaaten und den angestrebten Pflanzendichten ist aufgrund des unsicheren Aufgangs von Feldversuchen positiv zu bewerten, obwohl der Arbeitsaufwand der Zählung nicht zu unterschätzen ist.

Die nichtlinearen Regressionen konnten mit $r^2=0,63^{***}$ für die Erbse und $r^2=0,87^{***}$ für den Hafer durchgeführt werden. Der maximale Kornertrag, der mithilfe der Optimierung des Drei-Parameter-Modells ermittelt wurde, lag bei 56 dt ha^{-1} und war bei einer Gemengezusammensetzung aus 70 Erbsen- und 130 Haferpflanzen m^{-2} zu finden (Abb. 2). Anhand der ermittelten Parameter kann abgeleitet werden, dass die Erbse etwas stärker von der Konkurrenz des Partners beeinflusst wurde als der Hafer ($b_2 > c_2$). Bei beiden Gemengepartnern war die intraspezifische Konkurrenz deutlich stärker ausgeprägt als die interspezifische ($b_1 > b_2$ bzw. $c_1 > c_2$). Beide Pflanzenarten reagierten damit auf das Hinzufügen einer Pflanze der eigenen Art stärker als auf das Hinzufügen einer Pflanze der benachbarten Art. Diese Beobachtung spricht dafür, dass die beiden Mischungspartner um unterschiedliche Ressourcen konkurrierten. Diese Ressourcenkomplementarität kann zum einen für den Mehrertrag des Gemenges verantwortlich gemacht werden und zum anderen als Erklärung dienen, dass Pflanzendichten oberhalb der jeweiligen Reinsaattärken zu optimalen Erträgen führten.

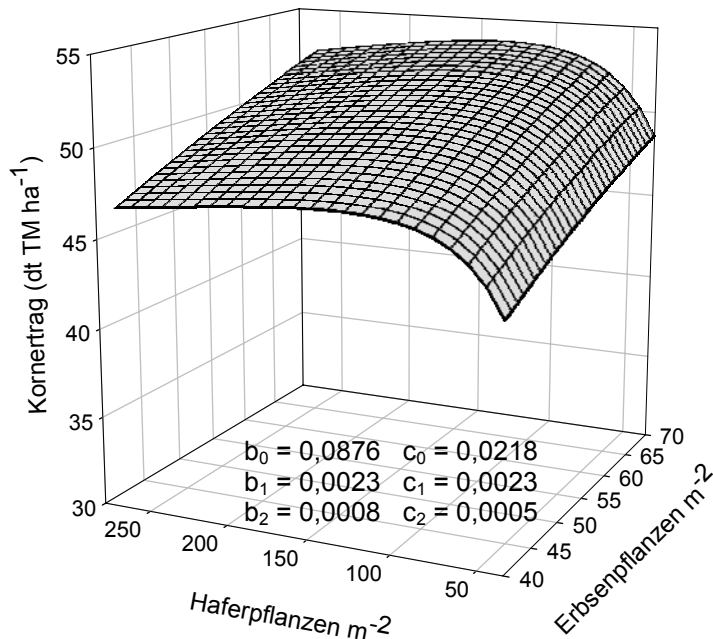


Abb. 2: Dreidimensionale Abbildung des Korntrages der Mischbestände aus Erbsen und Hafer und die Parameter nach dem Drei-Parameter-Modell

Vergleich des substitutiven und additiven Ansatzes

Im Vergleich der Ansätze lässt sich feststellen, dass beide die Konkurrenzeffekte und optimale Zusammensetzung der Gemengepartner ähnlich und den Versuchsergebnissen entsprechend wiedergeben. Beide Ansätze ergaben, dass optimale Mischbestände bei Erbsendichten ähnlich den Reinsaatdichten zu finden sind, wobei die Dichten des Hafers gegenüber der Reinsaat deutlich zu reduzieren sind. Der substitutive Ansatz weist dabei jedoch gegenüber dem additiven Ansatz einige Nachteile auf. Zum einen ist er nur mit Ungenauigkeiten bei einem Feldversuch anwendbar, wenn der Feldaufgang unbefriedigend ist. Zum anderen wird im Rahmen einer einzigen Verdrängungsserie nur ein Ausschnitt des Konkurrenzverhaltens widerspiegelt. Veränderte Dichten führen jedoch auch zu verändertem Konkurrenzgeschehen, so dass unterschiedliche Verdrängungsserien verschiedene optimale Aussaatdichten und Konkurrenzkoeffizienten ermitteln. Darüber hinaus werden intra- und interspezifische Konkurrenz miteinander vermischt und können so nicht getrennt voneinander bewertet werden. Der deutlich geringere Versuchsaufwand und die leichtere Auswertung des substitutiven Ansatzes sind dagegen als Vorteil zu sehen. Ist also nur eine qualitative Analyse der Konkurrenz zweier Spezies das Ziel einer Untersuchung, so ist der substitutive dem additiven Ansatz vorzuziehen. Hier ist jedoch zu empfehlen, hohe Dichten zu untersuchen, so dass das Auftreten von starker Konkurrenz gewährleistet ist und das Potential des Gemenges ausgeschöpft wird. Für eine quantitative Analyse intra- und interspezifischer Konkurrenz und für die Optimierung von Mischbeständen in einem größeren Dichtebereich sind aufwendigere, dem additiven Ansatz folgende Versuche dagegen unvermeidbar.

Literatur

- De Wit, C.T. (1960): On competition. Versl. Landbouwk. Onderz. 66.8. Poduc, Wageningen.
 Wright, A.J. (1981): The analysis of yield-density relationships in binary mixtures using inverse polynomials. J. Agric. Sci. Camb. 96, 561-567.

Fusarium head blight infection on winter wheat - Evaluation of management effects

H.-J. Koch, C. Pringas & B. Märländer

Introduction

In some regions of Germany, conservation tillage is widely used and moreover, applied permanently to all crops of the rotation. However, conservation tillage may aggravate diseases such as Fusarium head blight (FHB) infection of wheat due to plant residues left on the soil surface (Arnold-Reimer 1994). Moreover, severity of Fusarium incidence is increased by abundant rainfall during anthesis and grain filling of wheat (Lacey et al., 1999), and cultivation of a susceptible wheat cultivar (Bai et al., 2003), leaving infected residues in the field. In contrast, application of fungicides such as Tebuconazole during anthesis of wheat may reduce FHB infection level (Mesterházy et al., 2003).

Although information is available on the basic effect of single factors on FHB infection, there is still a lack of knowledge on the effect of each of these factors in relation to the others involved, and particularly, interactions between them. Thus, this investigation aimed at closing this gap paying special attention to soil tillage effects. Moreover, a methodology for the quantitative estimation of the relative effect of single factors, and combinations of two or more management factors on the Deoxynivalenol (DON, *Fusarium spp.* mycotoxin) concentration was developed.

Material and Methods

Since 1994 four tillage systems were compared in on-farm experiments (10-40 ha, 8 sites in southern and eastern Germany, silty and loamy soils, temperate climate). The tillage treatments (ploughed (P): mouldboard ploughing 30 cm deep; loosened (L): non inverting loosening 30 cm deep; mulched (M): shallow mixing 10-15 cm deep; direct drilled (D): no tillage) were applied to all crops of a sugar beet-winter wheat-winter wheat rotation (Pringas & Koch 2004). Further management of the wheat crop was conducted uniformly at each site and year, except for non-selective herbicides, which were solely spread in treatments L, M, and D. Wheat straw remained on the field.

Fusarium head blight occurrence was investigated in the years 2001 and 2002 in a total of 16 environments (composed of year, site, and wheat variety, 8 per year). When growing wheat following wheat (1 site in 2001, 3 sites in 2002), each tillage plot was split and two wheat cultivars differing in susceptibility (moderately resistant: MR; highly susceptible: HS) to *Fusarium spp.* were cultivated. In five environments the DON concentration was ≤ 0.05 mg kg⁻¹ in all tillage treatments indicating that Fusarium infection was very low. Thus, these data were excluded from calculation of tillage effects on DON concentration.

In addition, plot trials were conducted at Goettingen (Lower Saxony) in 2001 and 2002 including tillage (P, M), wheat cultivar (MR, HS) and fungicide application (without, with 1 L ha⁻¹ of Folicur™, 250 g L⁻¹ Tebuconazole, sprayed at BBCH 61-65). The experimental design was a strip-split-plot with 4 replicates (Koch et al. 2006).

Fusarium infestation was assessed by the Deoxynivalenol (DON) concentration in wheat grains. DON is a mycotoxin which is produced by *F. culmorum* and *F. graminearum*. For determination, extraction with formic aldehyde was followed by separation with HPLC and detection at 220 nm.

Results and Discussion

DON concentration in the grain differed considerably due to year and preceding crop (Fig. 1). Median values were 0.05 mg kg⁻¹ and 0.22 mg kg⁻¹ for 2001 and 2002, respectively (Fig. 1A). When wheat was grown after sugar beet, the DON concentration remained low in most samples, while values increased substantially when wheat followed wheat (Fig. 1B).

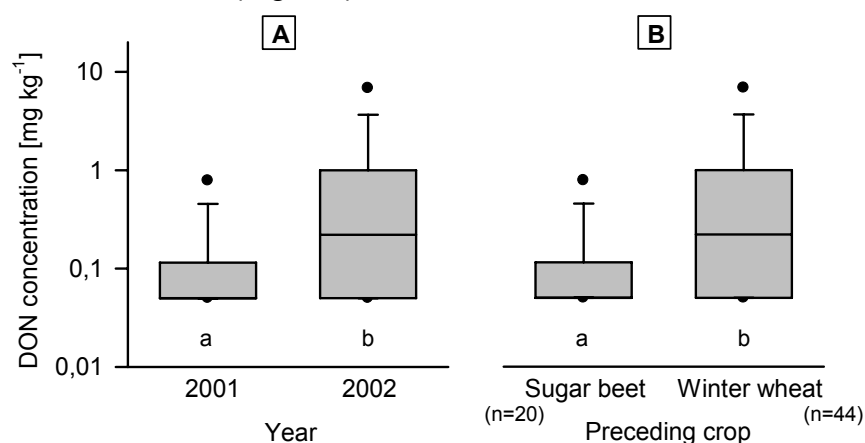


Fig. 1: Effect of year (A, n=32) and preceding crop (B) on the Deoxynivalenol (DON) concentration in winter wheat grain (average across sites, tillage treatments, and cultivars, different letters indicate significant differences between groups of data according to Wilcoxon's rank sum test at $p \leq 0.05$).

On average of the 11 environments taken into account for evaluation of tillage effects, tillage treatments P, L, M, and D resulted in a DON concentration of 0.18, 0.22, 0.23, and 0.49 mg kg⁻¹, respectively (not shown). The difference between direct drilling (D) and treatments P, L, and M was significant.

Both, in 2001 and after sugar beet as the preceding crop the effect of tillage on DON concentration was negligible (Fig. 2). In 2002 and with wheat as the preceding crop differences between the treatments P, L, and M were small as well, while direct drilling (D) significantly increased the DON concentration.

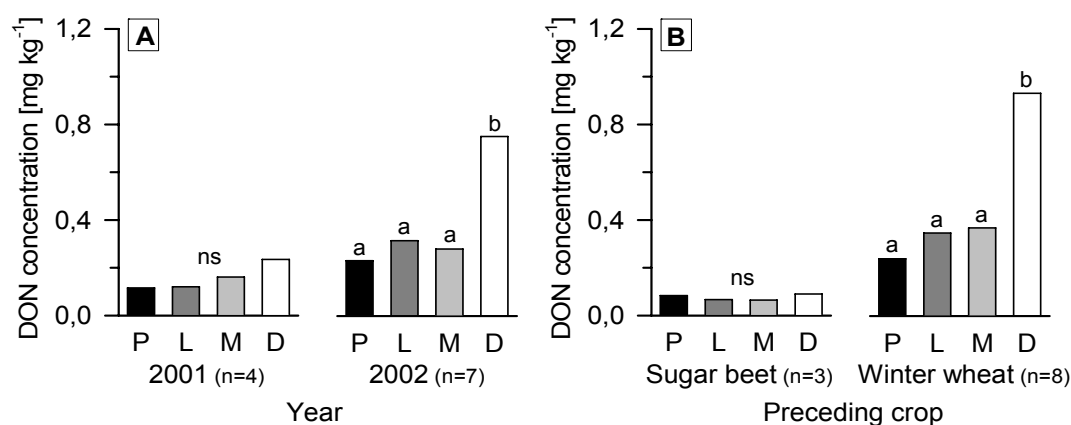


Fig. 2: Effect of tillage on the Deoxynivalenol (DON) concentration in winter wheat grain as affected by year (A) and preceding crop (B) (different letters within each year and preceding crop, respectively, indicate significant differences between means according to Tukey's test at $p \leq 0.05$, ns = not significant).

Moreover, the DON concentration was largely dependant on the Fusarium susceptibility of the wheat variety cultivated (Fig. 3A): Growing the HS cultivar resulted in a DON concentration that was significantly higher than that of the MR

cultivar. The effect of tillage on DON concentration (on average of cultivars) was not significant in these data (not shown), although tillage effects were similar to those observed for wheat as the preceding crop (Fig. 2B). No clear interaction between tillage and cultivar effects occurred (not shown).

Grain yield was affected by cultivar, tillage, and their interaction (Fig. 3B). Yield of the MR variety was significantly lower compared to the HS cultivar, except for the tillage treatment D, where the grain yield was similar in both cultivars.

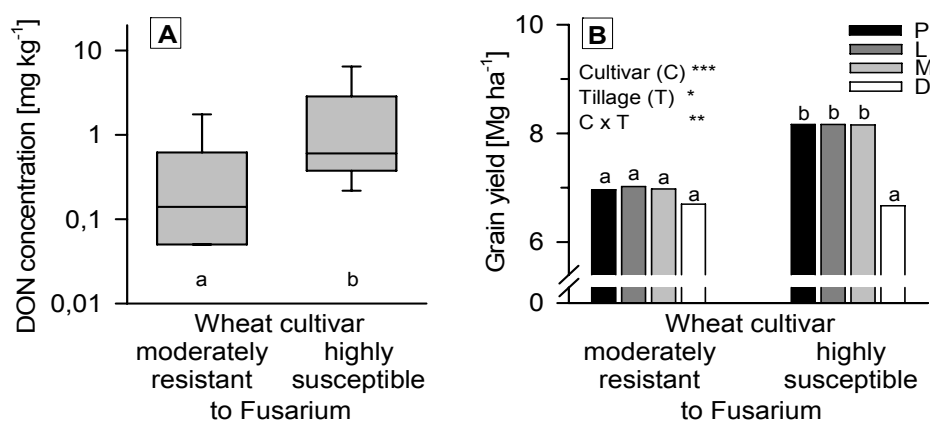


Fig 3: A: Effect of Fusarium susceptibility of the wheat cultivar on the Deoxynivalenol (DON) concentration in wheat grain; B: Influence of tillage and Fusarium susceptibility of the wheat cultivar on wheat grain yield (85 % dry matter); (winter wheat grown after wheat; A: n = 16, different letters indicate significant differences between groups of data according to Wilcoxon's rank sum test at $p \leq 0.05$; B: n = 4, different letters indicate significant differences according to Tukey's test at $p \leq 0.05$, *, **, *** = F-test significant at $p \leq 0.05$, 0.01, 0.001, respectively).

In the plot trial, tillage treatment M significantly increased DON concentration compared to P, while growing the MR cultivar led to a significantly lower mean value compared to the HS cultivar (Table 1A). Moreover, fungicide application diminished the DON concentration significantly from 0.36 to 0.17 mg kg⁻¹ on average of tillage and varietal effects (not shown).

The interactions between fungicide application and cultivar, and tillage and cultivar were significant (Table 1A): Fungicide application diminished the DON concentration only slightly if the MR cultivar was grown. In contrast, fungicide treatment significantly decreased the DON concentration if the HS cultivar was grown. The effect of tillage was only small when cultivating a MR cultivar, while the difference between DON concentrations was much more pronounced in the HS variety.

Across the other factors investigated, grain yield of the MR cultivar was significantly lower compared to the HS cultivar (Table 1B). Fungicide application significantly increased yield (not shown), while tillage had no effect on grain yield (Table 1B).

For each experimental factor the 'severity of the effect' was calculated as follows: The mean DON value of the treatment with the highest DON concentration included in the study was divided by the lowest treatment mean value (on average of all other factors included in the data set). The following ranking order was obtained: Annual variation of rainfall during wheat anthesis (year, 4.4) = Fusarium susceptibility of the

Tab. 1: DON concentration in the grain (A) and grain yield (B) of winter wheat as affected by cultivar, fungicide application, and tillage (means of 2001 and 2002; for each type of comparison (indicated by different letter types) means are significantly different when followed by different letters, F- and Tukey's-Test, $p \leq 0.05$; DON concentration: letters refer to log-transformed data, re-transformed means are given)

A) DON concentration [mg kg⁻¹]

Cultivar	Fungicide application	Tillage			Cultivar mean
		P	M	Mean	
Moderately resistant	Without	0.07	0.23	0.13 a	0.10 x
	With	0.06	0.12	0.09 a	
	Mean	0.07 A	0.17 A		
Highly susceptible	Without	0.45	2.30	1.01 c	0.58 y
	With	0.17	0.67	0.34 b	
	Mean	0.28 A	1.24 B		
Tillage mean		0.13 X	0.45 Y		

B) Grain yield [Mg ha⁻¹, dry matter]

Cultivar	Fungicide application	Tillage			Cultivar mean
		P	M	Mean	
Moderately resistant	Without	8.69	8.94	8.82	9.00 x
	With	9.07	9.31	9.19	
	Mean	8.88	9.12		
Highly susceptible	Without	9.48	9.20	9.34	9.51 y
	With	9.76	9.61	9.68	
	Mean	9.62	9.41		
Tillage mean		9.25	9.27		

preceding crop (wheat vs. sugar beet, 4.3) = Fusarium susceptibility of the wheat cultivar grown (4.3-5.6) > soil tillage used for wheat (1.3-3.4) ≥ Fungicide application at anthesis of wheat (2.1). The relative effect of combinations of two or more management factors on the DON concentration can be calculated by multiplying severity factors. Limitations of this method are due to strong interactions between some of the factors (e.g. cultivar x fungicide application, cultivar x tillage; cf. Tab. 1). To conclude, choosing a resistant cultivar is a powerful tool to ensure a low DON concentration in wheat grain even under highly infectious conditions. This strategy enables farmers to make use of the benefits of conservation tillage and, simultaneously, produce high quality wheat grain.

References

- Arnold-Reimer, K. 1994. Einfluß konservierender Bodenbearbeitung auf Pflanzenkrankheiten und Unkräuter im Getreide und Konsequenzen für einen gezielten Pflanzenschutz. Diss. Univ. Göttingen.
- Bai, G.-H.; L.F. Chen and G. Shaner 2003: Breeding for Resistance to Fusarium Head Blight of Wheat in China. In: Leonard, H.-J., Bushnell, W. (eds.), *Fusarium Head Blight of Wheat and Barley*, APS Press, St. Paul, Minnesota, USA (ISBN 0-89054-302-X). pp. 296-317.
- Koch, H.-J.; C. Pringas and B. Märlander 2006. Evaluation of environmental and management effects on Fusarium head blight infection and deoxynivalenol concentration in the grain of winter wheat. *Eur. J. Agron.* 24: 357-366.
- Lacey, J.; G.L. Batemann; C. Mirocha 1999: Effects of infection time and moisture on development of ear blight and deoxynivalenol production by *Fusarium* spp. in wheat. *Ann. Appl. Biol.* 134: 277-283.
- Mesterházy, Á.; T. Bartók and C. Lamper 2003: Influence of wheat cultivar, species of *Fusarium*, and isolate aggressiveness on the efficacy of fungicides for control of Fusarium head blight. *Plant Dis.* 87: 1107-1115.

Graslanddiversität und Produktivität

U. Thumm

Einleitung

Graslandnutzung und -bewirtschaftung steht häufig im Spannungsfeld zwischen Diversität und Produktivität. Auf marginalen Standorten und bei geringer Bewirtschaftungsintensität entwickeln sich meist artenreiche Pflanzenbestände, deren Produktivität aufgrund mangelnder Verfügbarkeit von Wachstumsfaktoren begrenzt bleibt. So ergibt sich typischerweise ein Anstieg der Produktivität bei gleichzeitigem Rückgang der Diversität in der Abfolge von artenreichem Dauergrünland über intensiv genutztes Grasland, Feldfutterbaubestände bis zu Ackerkulturen. Hier soll insbesondere die Frage behandelt werden, ob positive Diversitätswirkungen auch bei Beständen mit nur wenigen Arten bestehen und für eine angepasste Grundfuttererzeugung genutzt werden können. Neben der Biomasseproduktion werden zukünftig weitere Ökosystemleistungen von Graslandflächen vermehrt eine Rolle spielen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere stabile Mischbestände mit Leguminosen von Bedeutung.

Anhand von zwei Versuchsvorhaben wird die Bedeutung von Diversität und Produktivität in intensiv genutzten Graslandbeständen dargestellt.

Material und Methoden

1. Konkurrenzversuch: Zur Variation der Wurzelkonkurrenz wurden Röhren (Durchmesser 6 cm) verschiedener Länge (0 - 30 cm) in den Boden in einem Grünlandaltbestand (71% *Lolium perenne*, 10% *Poa pratensis*, 5% *Poa trivialis*, 9% *Trifolium repens*, 5% sonstige Arten) eingesetzt. Als Abschirmungsröhren wurden zum einen massivwandige Kunststoffrohre verwendet, die horizontale (nicht vertikale) Stoff- und Wasserbewegungen verhinderten. Andererseits wurden wasser- und nährstoffdurchlässige, jedoch für Wurzeln horizontal nicht durchgängige Röhren aus monofilem Nylongewebe (Maschenweite 30 µm) verwendet. In jede Röhre wurde ein Keimling der Art *Lolium perenne* gepflanzt. Die Fläche wurde im Stadium Weidereife genutzt und die Trockenmasse der Jungpflanzen bestimmt. Näheres zur Versuchsanlage bei Thumm (1997).

2. COST 852 Experiment: Im Rahmen der COST-Aktion 852 "Quality Legume-Based Forage Systems for Contrasting Environments" wurden an 40 Standorten in Europa Mischungsexperimente angelegt. Details zu dieser Versuchserie sind bei Kirwan *et al.* (2007) zu finden. Hier werden Ergebnisse von 2 Experimenten, durchgeführt auf Flächen der Versuchsstationen der Universität Hohenheim, dargestellt. Standort I (Ihinger Hof), 460 m über NN, 693 mm, 8.1 °C, günstige Bodenbedingungen (Ackerfläche, Parabraunerde) und Standort II (Oberer Lindenhof), 700 m über NN, 834 mm, 6.6 °C, flachgründige Rendzina. Die Ansaat erfolgte 2003 (Standort I) bzw. 2004 (Standort II). Gedüngt wurde mineralisch (KAS) 150 kg N ha⁻¹ pro Jahr in 3 Gaben. Es erfolgte eine 4-Schnittnutzung mit Ertragsermittlung und botanischer Analyse. In 30 Parzellen je Standort wurden 15 verschiedene 4-Arten-Mischungen in 2 Saatstärken in einem "Simplex design" (Kirwan *et al.* 2007) geprüft. Es wurden die beiden Grasarten *Lolium perenne* (Sorte 'Lacerta', 35 bzw. 21 kg ha⁻¹ Reinsaatmenge) und *Dactylis glomerata* (Sorte 'Accord', 25 bzw. 15 kg ha⁻¹) sowie die beiden Kleearten *Trifolium pratense* (Sorte 'Merviot' 12 bzw. 7 kg ha⁻¹) und

Trifolium repens (Sorte 'Milo' 35 bzw. 21 kg ha⁻¹) eingesetzt. Folgende Reinsaaten und Mischungsvarianten der 4 Arten wurden angesät:

1	:	0	:	0	:	0(4 Reinsaaten)
0,7	:	0,1	:	0,1	:	0,1(4 Mischungen)
0,4	:	0,4	:	0,1	:	0,1(6 Mischungen)
0,25	:	0,25	:	0,25	:	0,25(1 Mischung)

Ergebnisse und Diskussion

Einflüsse verschiedener Abschirmungsvarianten auf das Wachstum der Jungpflanzen können aus Tab. 1 entnommen werden. Die Trockenmasse der Jungpflanzen zeigt mit zunehmender Abschirmungstiefe allgemein eine zunehmende Tendenz. Der Einsatz massivwandiger Kunststoffrohrabschirmung führt insbesondere in der 20 und 30 cm Variante zu signifikant höheren Werten als bei Gewebeabschirmung. Dieser Effekt verstärkt sich vom 1. zum 3. Aufwuchs der Jungpflanzen wesentlich. So ergibt sich in der 30 cm Kunststoffrohrvariante im 3. Aufwuchs eine 60-fach höhere Trockenmasse als in der Kontrolle, in der entsprechenden Gewebevariante beträgt die Zuwachssteigerung noch das 14-fache.

Tab. 1: TM-Ertrag der Jungpflanzen bei variiertem Wurzelkonkurrenz (mg/Pflanze)

Abschirmungsart	Abschirm.-Tiefe	1. Aufwuchs	2. Aufwuchs	3. Aufwuchs
Geweberohr	Kontrolle	1	3	5
	5 cm	2	5	16
	10 cm	4	14	34
	20 cm	3	12	52
	30 cm	3	18	72
Kunststoffrohr	Kontrolle	1	2	5
	5 cm	2	5	9
	10 cm	4	18	56
	20 cm	5	45	128
	30 cm	6	98	303
LSD _{0,05}		2	15	71

Wurzelkonkurrenz begrenzt demnach das Wachstum von konkurrenzschwachen Pflanzen (hier Jungpflanzen) in Graslandbeständen stark. Die Schaffung von künstlichen Nischen schränkt die Konkurrenzwirkungen ein und ermöglicht Koexistenz. Solche Effekte lassen sich auch in natürlichen Pflanzenbeständen beobachten, wenn Arten unterschiedliche Nischen nutzen. So wurzelt z.B. *Rumex obtusifolius* wesentlich tiefer als die Grasarten in intensiv genutzten Grünlandbeständen und unterliegt daher nur eingeschränkter Konkurrenz im Wurzelbereich (Sobotik 1996). Stabile Graslandmischbestände entstehen durch die Koexistenz von Pflanzenarten mit unterschiedlichen Ansprüchen an Wachstumsfaktoren bzw. räumliche Nischendifferenzierung. Bei heterogenen Umweltbedingungen können sich durch ausgeprägte ökologische Nischenbildung artenreichere Pflanzenbestände etablieren, während unter homogenen Standortbedingungen bei intensiver Bewirtschaftung sich einzelne konkurrenzkräftige Arten ausbreiten und damit artenarme Bestände entstehen.

Die Ergebnisse aus dem COST-Experiment zeigen eine starke Veränderung der angesäten Pflanzenarten im Zeitverlauf (Abb. 1). An beiden Standorten war neben dem erwarteten Rückgang von *Trifolium pratense* bis zum 3. Jahr auch *Trifolium repens* weitgehend aus den Mischbeständen verschwunden, während *Dactylis*

glomerata sich fast unabhängig von den Anteilen in der Saatmischung ausbreiten konnte. Mischungseffekte (siehe Beitrag N. Buchmann in diesem Band) sind damit meist nicht konstant über mehrere Jahre nach Neuansaat, sondern werden durch Verschiebungen in der Bestandeszusammensetzung stark variiert. Diese Veränderungen führten auch zu einem Ertragsrückgang während der Untersuchungsperiode (Abb. 2).

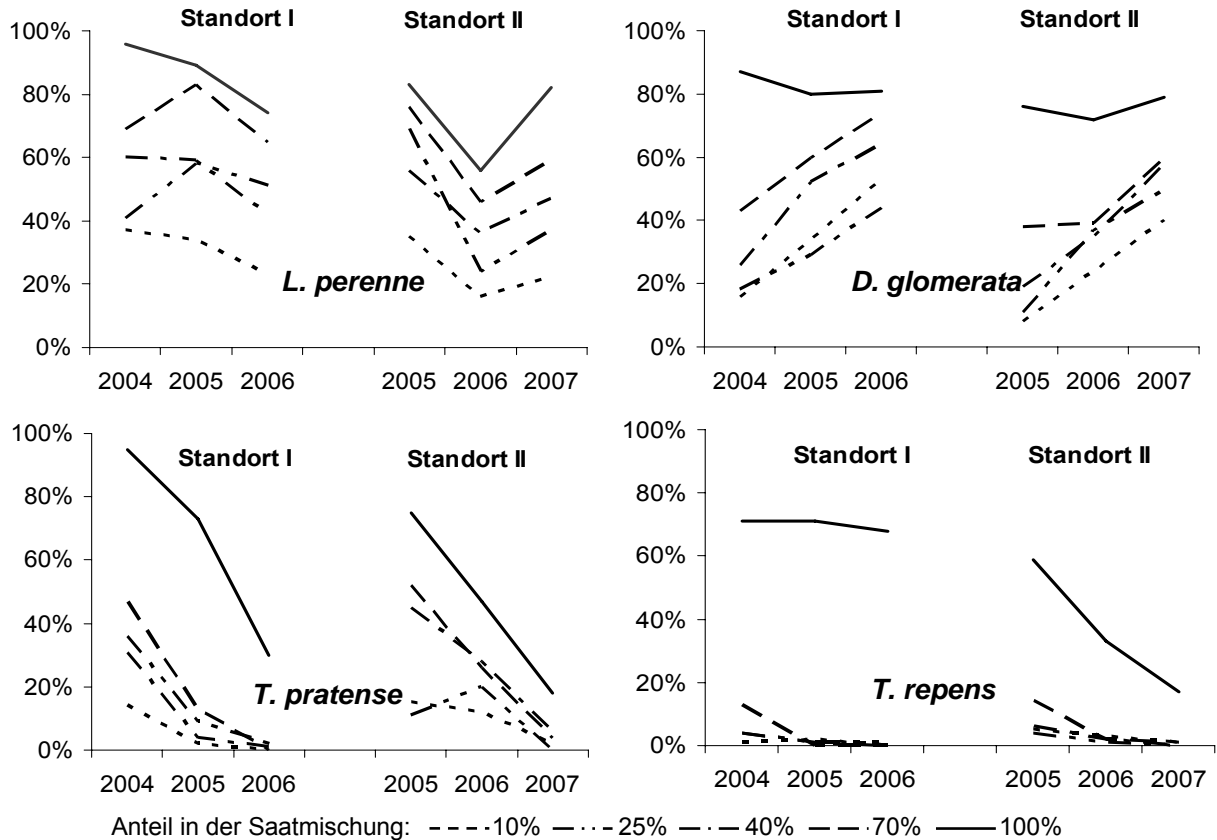


Abb. 1: Ertragsanteile der angesäten Arten im 1.-3. Hauptnutzungsjahr

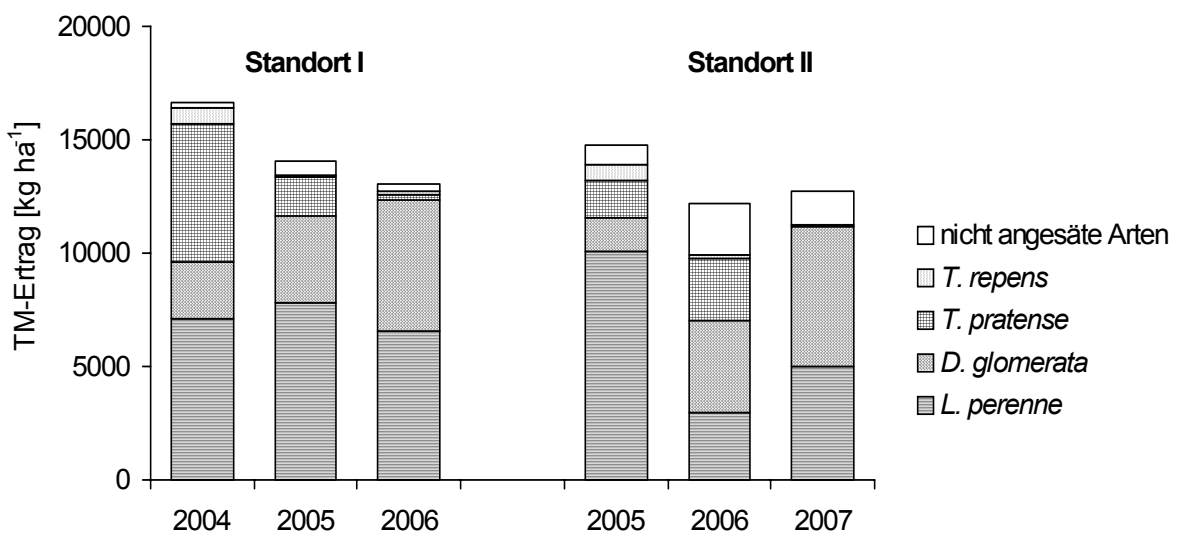


Abb. 2: TM-Ertrag Saatmischung 0,25 : 0,25 : 0,25 : 0,25

Ähnliche Ertragsveränderungen sind nach Grünlandneuansaat häufig zu beobachten. Die Anteile der angesäten leistungsfähigen Arten und Sorten gehen aufgrund fehlender Mischungs- und Standorteignung zurück, während sich vermehrt spontan auftretende Ökotypen etablieren. Dieser Prozess führt zu einer Veränderung der Produktivität in Abhängigkeit vom Bestandesalter (vgl. Abb. 3). Für die längerfristige Nutzung von positiven Diversitätseffekten in Grünlandansaat ist daher die Mischungseignung der Arten und Sorten von großer Bedeutung. Diese Eigenschaft wird bisher im Züchtungsprozess nur wenig beachtet und ist auch kein Kriterium im Sortenprüfwesen.

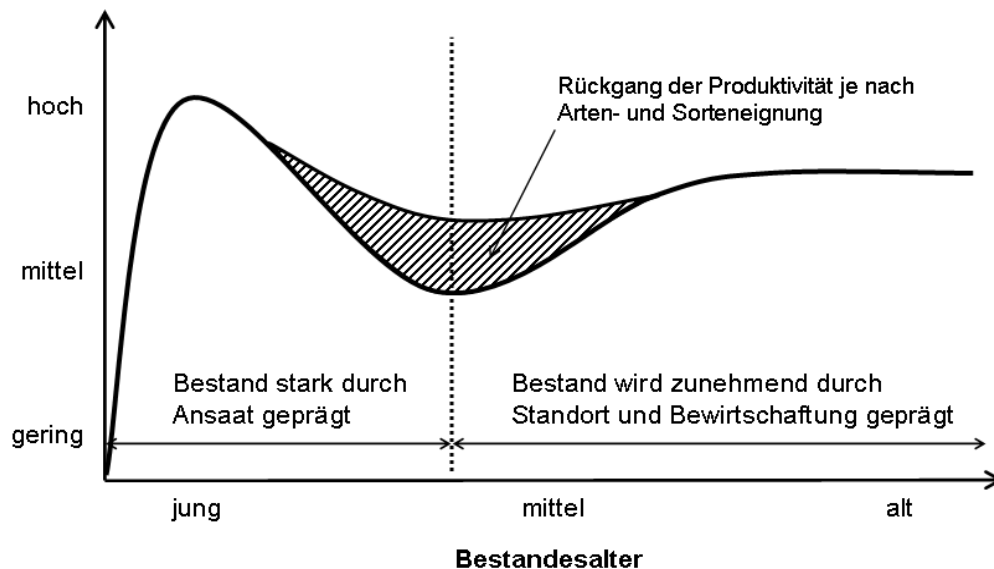


Abb. 3: Schematischer Verlauf der Produktivität im Zeitverlauf nach der Neuansaat von Graslandflächen

Zusammenfassend lässt sich folgern, dass für die Produktivität und Stabilität von Graslandbeständen Diversitätseffekte eine wesentliche Rolle spielen. Um diese im intensiv genutzten Grünland besser nutzen zu können sind weitere Kenntnisse zur Kombinationseignung von Arten und Sorten bei verschiedenen Umweltbedingungen erforderlich.

Literatur

- Kirwan L., Lüscher A., Sebastià M.T., Finn J.A., Collins R.P. et al. 2007: Evenness drives consistent diversity effects in intensive grassland systems across 28 European sites. *Journal of Ecology* 95: 530-539.
- Sobotik, M. 1996: Zusammenhang zwischen Wurzelwachstum ausgewählter Grünlandpflanzen und Stabilität der Grasnarbe. *Alpenländisches Expertenforum "Erhaltung und Förderung der Grasnarbe"*, BAL Gumpenstein: 13-18.
- Thumm, U. 1997: Konkurrenz zwischen Jung- und Altpflanzen in Grünlandbeständen. *Rasen-Turf-Gazon* 28/1: 8-11.

Einfluss der Betriebsstruktur auf die pflanzliche Artenvielfalt im Wirtschaftsgrünland – Ein Vergleich von Mutterkuhhaltern und Milchviehbetrieben

H. G. Stroh, S. Klimek & J. Isselstein*

Einleitung

In den letzten Jahrzehnten ließ sich ein starker Rückgang der pflanzlichen Artenvielfalt von Grünlandflächen auf der Ebene der Populationen, der Pflanzengesellschaften und der Vegetationskomplexe feststellen. Dieser Rückgang ist hauptsächlich auf die Intensivierung und den Nutzungswandel in der landwirtschaftlichen Produktion zurückzuführen. Die ökonomischen Rahmenbedingungen der Landwirtschaft erfordern in der Regel eine intensive Bewirtschaftung. Der gesetzlichen bzw. gesellschaftlichen Forderung nach Erhalt der Vielfalt (CBD, „Nationale Nachhaltigkeitsstrategie“) wird durch Einführung von Agrarumweltprogrammen zu begegnen versucht. Die Akzeptanz von grünlandbezogenen Agrarumweltmaßnahmen in der landwirtschaftlichen Praxis ist davon abhängig, inwieweit das Erreichen von Zielen zur Erhaltung der Artenvielfalt vereinbar ist mit den Zielen der Produktion im landwirtschaftlichen Betrieb.

Die Vegetation des Grünlands wird maßgeblich von lokalen Standort- und Bewirtschaftungsbedingungen geprägt. Neuere Forschung belegt, dass auch die Struktur der Landschaft die Vegetation des Grünlands beeinflusst. Bisher kaum untersucht ist, inwieweit der landwirtschaftliche Betrieb, seine Organisation, Tierhaltung etc. Einfluss nimmt auf die Artenvielfalt des Grünlands. Inwieweit Muster pflanzlicher Diversität neben lokalen Parametern auch von der Struktur des landwirtschaftlichen Betriebes abhängen, umfasst die Fragestellung der hier vorgestellten Arbeit. Da zu vermuten ist, dass artenreiche Grünlandaufwüchse mit höheren Rohfasergehalten durch Mutterkuhhaltung zur Fleischproduktion eher verwertet werden kann als durch Milchviehbetriebe, die insbesondere energiereiches Futter benötigen, erscheint ein Vergleich dieser beiden Betriebstypen für diese Fragestellung besonders aufschlussreich. Die Ergebnisse sollen dazu beitragen, die Muster pflanzlicher Biodiversität des Grünlands im Zusammenhang mit der Organisation des landwirtschaftlichen Betriebes besser zu verstehen, um daraus den Spielraum für die Integration von Biodiversitäts- und Produktionszielen zu erkennen und letztlich Agrarumweltprogramme effizienter zu gestalten bzw. zielgerichtet weiterzuentwickeln.

Material und Methoden

Die Untersuchung wird im Landkreis Northeim, einer durch ländliche Struktur geprägten Region Südniedersachsens, durchgeführt und bildet einen Teil des vom BMBF geförderten Projektes BIOPLEX (Biodiversität und räumliche Komplexität in Agrarlandschaften unter Global Change; http://zlu.agrar.uni-goettingen.de/public_2/). Innerhalb des Landkreises Northeim wurden 15 Betriebspaare, die jeweils einen Mutterkuhhalter und einen Milchviehbetrieb, die in räumlicher Nähe zueinander liegen, gebildet. Pro Betrieb wurden acht Grünlandschläge vegetationskundlich

Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft & Umwelt (ZLU), Georg-August-Universität Göttingen, Am Vogelsang 6, 37075 Göttingen

* Abteilung Graslandwissenschaft, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, von-Siebold-Straße 8, 37075 Göttingen

untersucht. Dafür wurden innerhalb jedes Schlages (n = 240) auf einer repräsentativen Fläche von 25m² alle Gefäßpflanzen und Kryptogamen erfasst und ihr Deckungsanteil nach Londo (1975) geschätzt. Auf den 240 Probeflächen wurden die Konzentrationen an pflanzenverfügbarem Kalium und Phosphor im Boden nach der CAL-Methode analysiert. Der wirtschaftsbedingte Stickstoffeintrag wurde anhand der Angaben der Bewirtschafter sowie den Grundlagen aus Düngeverordnung (2008), KTBL (2005) und Oenema, O. & Tamminga, S. (2005) errechnet. Er setzt sich zusammen aus mineralischen und organischen Düngergaben sowie dem Exkrement-Stickstoff-Eintrag durch Beweidung. Weitere Informationen zum Flächenmanagement (Schnitthäufigkeit, Weidegänge, Einsatz von Herbiziden, Kontinuität der Grünlandbewirtschaftung) wurden im Rahmen einer Offenen Befragung erhoben. Ergebnisse der Befragung sind weiterhin Angaben zu den Betriebsvariablen Tierbestand, Milchleistung, Grünlandanteil, Marktausrichtung des Betriebes etc. Als abgeleitete Betriebsvariable wurde anhand des aus der Befragung bekannten Tierbestandes errechnet, welche Futterenergiemenge (metabolisierbare Energie) der Betrieb dafür produzieren muss. Als „Futterbedarf“ wurde, nach Abzug des Futter-Energie-Wertes aus eigenem Ackerbau und Zukauf, ein Energiewert errechnet, der vom Dauergrünland des Betriebes für die Ernährung der Rinder aufzubringen ist. In der hier vorgestellten Auswertung wurden Korrelationen und lineare Regressionsmodelle berechnet und die Verteilung der Artenzahlen graphisch dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

1. Betriebsebene

Eine Übersicht zu betriebsspezifischen Parametern und der Artendiversität des Grünlands anhand der acht ausgewählten Flächen zeigt Tabelle 1.

Tab. 1: Mittelwerte, Minima und Maxima betriebsspezifischer Merkmale

	Mutterkuhhalter (n= 15)			Milchviehbetriebe (n = 15)		
	MW	Min	Max	MW	Min	Max
LN [ha]	54.0	6.0	144	100.0	28	252
Grünland [ha]	23.5	5.3	75	34.8	11	76
Grünland/LN [%]	59.1	9	100	36.0	15.1	58.0
Grünlandschläge/Betrieb	17.3	8	38	19.7	8	52
GV Rind/Betrieb	32.7	5.3	62.3	92.1	22	278
GV Rind/ha Grünland	2.0	0.5	4.3	2.7	1.5	4.0
Milch [kg*a ⁻¹]				7660	4500	9300
Wirtschaftsbedingter N-Eintrag [kgN*ha ⁻¹]	70.8	0	339	167.3	0	468
Artenzahl/Fläche [α-Diversität]	18.8	7	40	15.8	5	35

Im direkten Vergleich jedes der 15 Betriebspaare ergibt sich, dass in elf Fällen (73%) die Mutterkuhhalter die höhere mittlere Artenzahl besitzen. Nur bei drei Paaren (20%) konnten auf den Flächen der Milchviehbetriebe im Mittel mehr Arten gefunden werden.

Beim Vergleich der absoluten Artenzahl aller Flächen (α-Diversität) wurden neben der Unterscheidung der Betriebsflächen in Mutterkuh (MU) und Milchvieh (MI) auch

die wesentlichen Nutzungstypen Weide, Mähweide und Wiese differenziert dargestellt (Abb. 1). Bei allen Nutzungstypen liegen die Artenzahlen der Fleischviehbetriebe höher als die der Milchviehbetriebe. Bemerkenswert ist, dass innerhalb eines Betriebstyps (Mutterkuhhalter bzw. Milchviehbetrieb) die Mittelwerte der Artenzahlen unabhängig vom Nutzungstyp nahe beieinander liegen (MU 17-20 Arten, MI 15-16 Arten), sich aber in der Streuung der Werte unterscheiden. Auffallend ist die hohe Streuung der Artenzahlen bei den Weiden der Mutterkuhhalter und den Wiesen der Milchviehbetriebe. Letzterer Befund weist auf die grundsätzliche Möglichkeit von Milchviehbetrieben hin, artenreiches Grünland in die Bewirtschaftung einzubeziehen.

Für den landwirtschaftlichen Betrieb von besonderer Bedeutung sind die Menge und die Qualität des Grünlandaufwuchses zur Ernährung seiner Tiere. Ein lineares Regressionsmodell zeigt einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Futterbedarf aus den Grünlandaufwüchsen und der mittleren Artenzahl pro Betrieb (Abb. 2).

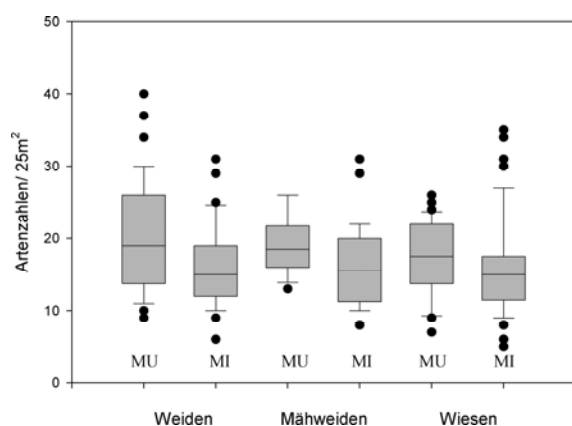


Abb. 1: Verteilung der Artenzahlen pro Fläche differenziert nach Betriebstyp und Nutzungstyp

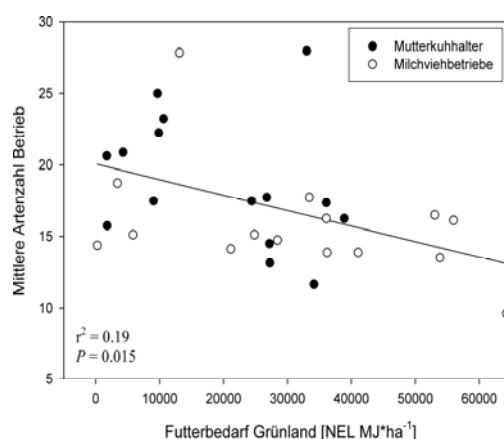
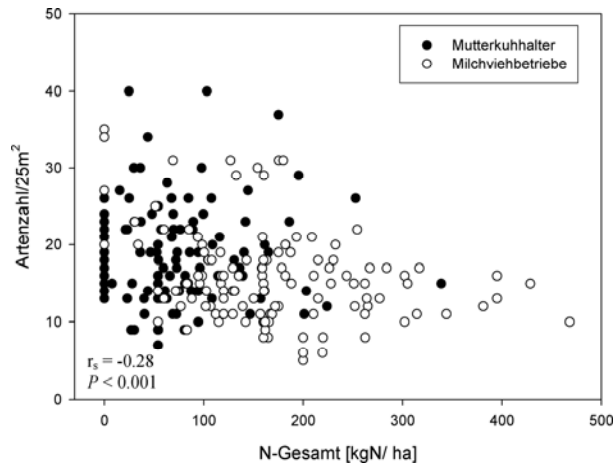


Abb. 2: Zusammenhang zwischen der mittleren Artenzahl pro Betrieb und dem Futterbedarf

2. Flächenebene



Zwischen eingesetzter Stickstoffmenge und Artenzahl (Abb. 3) ergab sich ein schwacher negativer, aber signifikanter Zusammenhang (Spearman-Koeffizient von $r_s = -0.28$). Der schwache Zusammenhang zeigt, dass neben der Stickstoff-Düngung andere Faktoren zur Erklärung der Artenausstattung auf den Flächen zu analysieren sind.

Abb. 3: Zusammenhang Artenzahl und Stickstoff-Düngung

Hinsichtlich der α -Diversität lässt sich zeigen, dass die Betriebsstruktur, am Beispiel der Produktionsrichtung Fleisch durch Mutterkuhhaltung bzw. Milch, die Artenzusammensetzung im Wirtschaftsgrünland beeinflusst. Jedoch ist die Auswertung der α -Diversität insofern auch kritisch zu sehen, als der Vergleich absoluter Artenzahlen allein nur eingeschränkt Auskunft darüber vermittelt, welcher indikative, naturschutzfachliche und futterbauliche Wert der Fläche zukommt. Es muss daher Ziel der weiteren Auswertung sein, auf der Taxon-Ebene die funktionellen, soziologischen und ökologischen Eigenschaften der Arten zu analysieren.

Literatur

- Düngeverordnung – DüV (Verordnung über die Anwendung von Düngemitteln, Bodenhilfsstoffen, Kultursubstraten und Pflanzenhilfsmitteln nach den Grundsätzen der guten fachlichen Praxis beim Düngen). Fass. Vom 25.06.2008. <http://www.buzer.de/gesetz/7627/index.htm>
- Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft (KTBL) (2005): Faustzahlen für die Landwirtschaft. 13. Aufl. 1095 S. Darmstadt
- Londo, G. (1975): Dezimalskala für die vegetationskundliche Aufnahme von Dauerquadraten. In: Schmidt, W. (Red.): Sukzessionsforschung. Ber. Int. Symp. IVV Rinteln 1973: 613-617. Vaduz
- Oenema, O. & Tamminga, S. (2005): Nitrogen in global animal production and management options for improving nitrogen use efficiency. *Sci. China* 48: 871-887.

Erprobung der bildanalytischen Bestimmung von Leguminosenanteilen im Freilandversuch

M. Himstedt, T. Fricke & M. Wachendorf

Einleitung

Eine Bildanalyse-Prozedur wurde entwickelt, die anhand der digitalen Bilder von Beständen den jeweiligen Leguminosenanteil bestimmt. Diese Information ist von großem Wert für das Management von Leguminosen/Gras Gemengen und für den effizienten Umgang mit Stickstoff im Rahmen der Fruchtfolge. Ist der Ertrag (z.B. bestimmt durch feldspektroskopische Messungen nach BIEWER, 2008) und der Leguminosenanteil flächengenau bekannt, kann mit diesen Daten die fixierte Menge Luftstickstoff, die durch die Leguminosen in das System eingebracht wurde, geschätzt werden.

Die Bildanalyse wurde im ersten Schritt mit Graustufenbildern von Leguminosen/Gras Gemengen eines Gewächshausversuchs entwickelt und getestet. Hierbei zeigten die auf Grundlage der Bildanalyse berechneten Ertragsanteile der Leguminosen einen viel versprechenden Zusammenhang mit den jeweils gemessenen Ertragsanteilen der Leguminosen ($R^2=0.82$). Im nächsten Schritt wurden Farbinformationen in die Bildanalyse integriert, um in lückigen Beständen das Bodensignal als Fehlerquelle auszuschließen (gute Erkennung der Bodensignale, $R^2=0.98$). In diesem Beitrag soll die daraus resultierende, verbesserte Bildanalyse-Prozedur in ihrer Anwendung im Freiland vorgestellt werden.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Neu-Eichenberg der Universität Kassel wurden im Jahr 2006 Reinsaat und binäre Gemenge aus Deutschem Weidelgras, Weißklee und Rotklee in drei Wiederholungen in unterschiedlichen Entwicklungsstadien untersucht. Die Parzellen wurden wöchentlich auf 0,25 m² großen Beprobungsflächen innerhalb der 34 m² Parzellen beerntet. Einen Tag vor der Ernte wurden die Varianten mit einer Canon PowerShot G6 Digitalkamera fotografiert mit einer Auflösung von 0.33 mm/Pixel. Ein horizontal in Aufwuchshöhe platzierter Rahmen ermöglichte die für die Bildanalyse nötige Georeferenzierung der Bilder anhand von vier konkreten Eckpunkten. Anschließend wurde die Biomasse geerntet, fraktioniert und für 48h bei 65°C getrocknet. Insgesamt wurden 13 Intervallernten und 3 Haupternten, zu denen die gesamte Parzelle geschnitten wurde, durchgeführt. Für die Bildanalyse wird das Programm Optimas[®] der Firma Media Cybernetics[®] verwendet. Vorausgegangene Untersuchungen im Rahmen eines Gefäßversuchs zeigten, dass die Integration von Farbwerten die Bildanalyse verbessert, da eine Fehlklassifizierung von Boden verhindert wird (Himstedt et al., 2007).

Für eine erfolgreiche Abschätzung des Ertragsanteils aus Deckungsgraden ist eine gesicherte Beziehung zwischen diesen Parametern notwendig. Diese wird über die digitalisierte Leguminosenblattfläche (relative Anteile der Gesamtfläche in %) und dem gemessenen Ertragsanteil (% der TM) ermittelt (Schritt I).

Folgende Bildanalyse-Prozedur für Farbbilder wurde entwickelt (Schritt II):

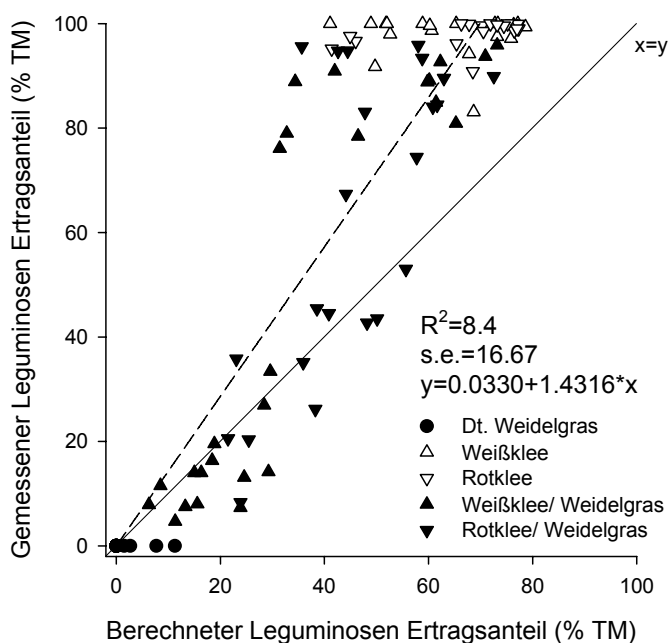
1. Umwandlung der 24 bit RGB-Farbbilder in 24 bit HSI-Farbbilder.

2. Anwendung der Filter Erode (Kontraktion) und Dilate (Expansion) mit einem Strukturelement der Größe 3*3 Pixel, 13 Iterationen.
3. Segmentierung des Bildes mit dem durch Versuchsserien optimierten Schwellenwert H:58-255, S:27-255, I:60-255. Der so definierte Vordergrund entspricht der von Leguminosen bedeckten Fläche (geschätzter Deckungsgrad).
4. Berechnung der Leguminosen Ertragsanteile (% TM) mit dem geschätzten Deckungsgrad auf Grundlage des ermittelten Zusammenhangs aus Schritt I.

Ergebnisse und Diskussion

Schritt I: Zwischen dem Deckungsgrad und dem Ertragsanteil der Leguminosen besteht eine gute Beziehung: $R^2=0,94$, $s.e.= 8,7\%$, $y=-2,6273+1,0349*x$. Dies ermöglicht eine Bestimmung des Leguminosen Ertragsanteils auf Grundlage von Bildanalysen.

Schritt II: Der Einsatz von Erosion und Dilatation ergibt auch bei HSI Farbbilder viel versprechende Ergebnisse. So ist es mit der aufgezeigten Bildanalyse Prozedur möglich die Leguminosen Deckungsgrade in den Bildern zu identifizieren und damit die Ertragsanteile zu berechnen. Der Zusammenhang zwischen gemessenen und berechneten Leguminosen Ertragsanteilen sollte durch die Winkelhalbierende



beschrieben werden (Abb.1). Die Ergebnisse im unteren Bereich (bis 60 % gemessenem Ertragsanteil) entsprechen diesen Erwartungen. Im oberen Bereich (ab 60 % gemessenem Ertragsanteil) wird der Ertragsanteil durch die Bildanalyse unterschätzt. Hierbei handelt es sich unter anderem um blühende Bestände. Die Blüten werden bisher nicht als Leguminosen Fläche erkannt. Um mit der Bildanalyse ein möglichst breites Spektrum an Beständen schätzen zu können, muss das Erkennen dieser Objekte noch integriert werden.

Abb1: Beziehung zwischen dem gemessenen Ertragsanteil und dem auf Grundlage der Bildanalyse berechneten Ertragsanteil der Leguminosen (% TM).

Literatur

Biewer, S., Erasmi, S., Fricke, T. und Wachendorf, M. (2008): Prediction of yield and the contribution of legumes in legume-grass mixtures using field spectrometry. Precision Agriculture, Online first: DOI 10.1007/s11119-008-9078-9.

Himstedt M., T. Fricke und M. Wachendorf (2007): Einsatz von Farbinformationen bei der Bildanalyse zur Verbesserung der Schätzgenauigkeit von Leguminosenanteilen. In: Mitt. AG Grünland und Futterbau, Ges. Pflanzenbauwiss., 51. Jahrestagung der AGGF, Band 8, 148-151.

Media Cybernetics (1999): Optimas 6.5 From Images to Answers, User Guide and Technical Reference, 9. Ausgabe, Silver Spring

Prognose der Veränderungen floristischer Biodiversität in Agrarlandschaften

A. Otte, B. Reger, D. Simmering & R. Waldhardt

Kurzfassung

Der flächenhafte Rückgang von Pflanzenarten in unseren Agrarlandschaften ist Ausdruck einer Intensivierung der Landwirtschaft in Gunstregionen und der Nutzungsaufgabe in peripheren Ungunstregionen. Es ist weiterhin festzustellen, dass das System von Schutzgebieten und der derzeitige Umfang von Agrarumweltprogrammen nicht ausreichend sind, um die Funktion der Agrarlandschaft als Lebensraum für Pflanzenarten zu gewährleisten. Da im Rahmen einer stärkeren Gewichtung der Multifunktionalität von Landschaften die Erhaltung der biologischen Vielfalt in der Landwirtschaft ein erklärtes Ziel der EU-Politik ist, müssen Strategien gefunden werden, die darauf zielen, auch in der bewirtschafteten „Normallandschaft“ die potenziell mögliche Phytodiversität zu realisieren. Angesichts derzeit ablaufender und zukünftig zu erwartender Landnutzungsänderungen in der Landwirtschaft (z. B. durch Anpassungen an den erwarteten Klimawandel) mit potenziellen Auswirkungen auf die Phytodiversität, ist auch die Vegetations- und Landschaftsökologie gefordert, Methoden zu entwickeln, mit denen eine Bewertung von zukünftigen Landnutzungsoptionen und –strategien möglich ist.

Im Rahmen des Sonderforschungsbereichs 299 an der Universität Gießen wurde daher eine Methodik erarbeitet, mit der räumlich explizite Auswirkungen von Landnutzungsänderungen auf das Vorkommen von Arten und die Artenzahlen in Teilräumen berechnet und abgebildet werden können. Methodisch basiert das unter der Bezeichnung ProF (Prognoses on Floristics) vorgestellte Verfahren a) auf der Abgrenzung von Habitattypen durch die Verknüpfung von Raumdaten zu Landnutzung und Standortparametern und b) der Ableitung von habitatspezifischen Stetigkeiten aus repräsentativ erhobenen Artenlisten. Aussagen zu Vorkommenswahrscheinlichkeiten von Arten und die Artenzahlen in Teilräumen werden über einfache Wahrscheinlichkeitsberechnungen generiert. Diesen liegt die Annahme einer Binomialverteilung zugrunde. Modellergebnisse und Anwendungsmöglichkeiten von ProF werden an Beispielen aus der peripheren Ungunstregion des Lahn-Dill Berglandes sowie der Gunstregion Wetterau (jeweils Hessen) veranschaulicht. Die große Stärke des Verfahrens liegt in der Möglichkeit, aus Szenarien zukünftiger Landnutzungsvorgaben abgeleitete Landnutzungsverteilungen in ihrer Wirkung auf das Vorkommen von Einzelarten oder Artengruppen auf Landschaftsebene zu analysieren. Möglichkeiten und Grenzen der Methodik werden diskutiert.

Literatur

Otte, A., Reger, B., D. Simmering & R. Waldhardt: Prognose der Veränderungen floristischer Biodiversität in Agrarlandschaften. – Berichte der Reinhold-Tüxen-Gesellschaft (RTG) 20: 67 – 89.

Bewertung des Biodiversitätspotenzials pflanzenbaulicher Systeme

N. Siebrecht & Prof. Dr. K.-J. Hülsbergen

Einleitung

Pflanzenbauliche Systeme unterscheiden sich in Abhängigkeit der Bewirtschaftungsverfahren und Maßnahmen zum Teil erheblich bezüglich ihrer Umweltwirkungen. Zur Analyse und Bewertung solcher Effekte, wurden verschiedene Umweltmanagementsysteme entwickelt. Beispiele sind INDIGO, EMA und die in Deutschland erstellten Systeme KUL und REPRO. Neben einigen Gemeinsamkeiten bestehen zwischen den Systemen jedoch beträchtliche Unterschiede. Diese beziehen sich beispielsweise auf die Zielsetzung, den integrierten Analyse- bzw. Umweltbereichen (Boden, Klima, Soziales ..) oder die Modellgrundlagen. Während die meisten Systeme umfangreiche Analysen zu Effekten auf die abiotische Umwelt bereitstellen (Nährstoffhaushalt, Ressourcennutzung ..), werden Wirkungen auf die biotische (Biodiversität) nicht oder nur unzureichend berücksichtigt.

Um Effekte pflanzenbaulicher Systeme bzw. landwirtschaftlicher Betriebe ohne aufwändige Aufnahmen von Arten und deren Bestandsentwicklung auf Biodiversität abzuschätzen, sind neue Ansätze erforderlich. In das System REPRO wurde daher eine Methode integriert, mit der auf Grundlage betrieblich verfügbarer Daten das Potenzial von Betrieben, positiv oder negativ auf Biodiversität zu wirken, abgeschätzt werden kann. Gegenstand des Beitrages ist eine kurze Vorstellung der Methode, die Anwendung in unterschiedlichen pflanzenbaulichen Systemen (Betrieben) sowie die Beschreibung und Diskussion der Ergebnisse.

Material und Methoden

Der entwickelte Ansatz wurde so konzipiert, das die komplexen Wirkungen der Landwirtschaft auf Biodiversität möglichst umfassen berücksichtigt werden können. Dazu wurden mehrere Teilindikatoren (TI) erarbeitet (Abb. 1), die sich in drei Gruppen einteilen lassen und auf folgende Wirkungen ausgerichtet sind:

- Teilindikatoren der Gruppe Strukturen erfassen Merkmale des Betriebes wie die Nutzungs-, Anbau- und Flächenstruktur. Diese lassen Rückschlüsse auf das Angebot von Vegetationsstrukturen, Verkleinerung und Zersplitterung von Biotopen sowie das Angebot von Nischen zu. Die Nutzungsstruktur gibt Auskunft über die flächigen Nutzungsformen des Betriebes, die das Angebot von Lebensräumen innerhalb des Betriebes bestimmen. Die Anbaustruktur charakterisiert Anbauspektrum und Kulturarteneinflüsse. Anhand der Flächenstruktur wird Größe und Ausformung der Bewirtschaftungsflächen beschrieben.

- Teilindikatoren der Gruppe Inputs charakterisieren Umweltwirkungen, die in Form stofflicher Komponenten wirken und die Qualität der Biotope bzw. der Nischen beeinflussen. Potentielle Effekte sind Eutrophierung und Belastungen durch Pflanzenschutzmittel. Beide Größen werden im Wesentlichen durch die Intensität des Anbausystems bestimmt und weisen eine hohe Sensitivität gegenüber den landwirtschaftlichen Maßnahmen auf.

- Teilindikatoren der Gruppe Maßnahmen erfassen darüber hinaus Wirkungen, die das Resultat von physikalisch-mechanischen, chemischen Effekten (Kontakt zu den Organismen) oder Störungen sind und durch die landwirtschaftlichen Aktivitäten (Bodenbearbeitung, Mahd ...) ausgelöst werden.

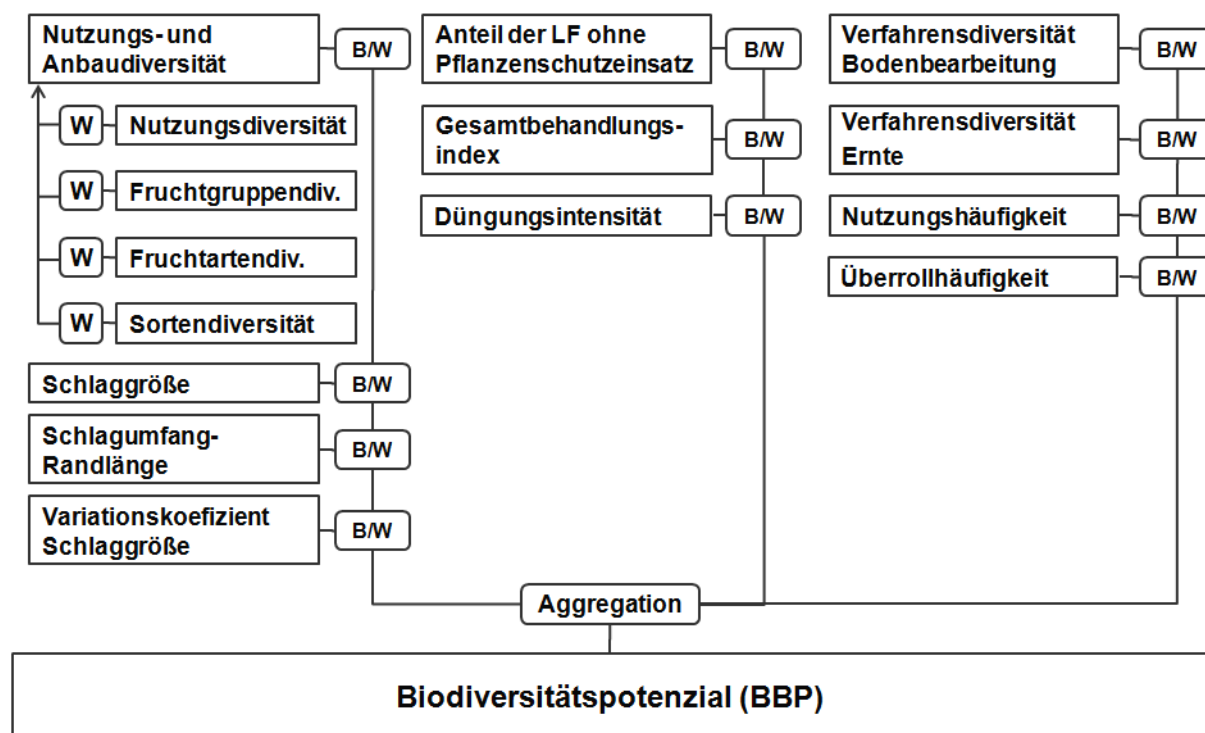


Abb. 1: Teilindikatoren und Aggregation des Biodiversitätspotenzials; B: Bewertung, W: Wichtung

Die Teilindikatoren werden nach der Analyse zu dem Gesamtindex „bewirtschaftungsbedingtes Biodiversitätspotenzial“ (BBP; Siebrecht et al. 2008) aggregiert (Abb. 1). Dies beschreibt die betriebliche Nutzungsausprägung und die davon abhängige potenzielle Wirkung. Es wird davon ausgegangen, dass ein hohes BBP zu einem positiven Biodiversitätseinfluss beiträgt. Die Situation mit der besten Wirkung ist durch den Indikatorwert 1 gekennzeichnet. Mit zunehmender negativer Wirkung nimmt dieser Wert ab. Dieses Vorgehensweise orientiert sich am bestehenden Modellkonzept des Indikatorenmodells REPRO (Küstermann et al. 2007), in das der beschriebene Ansatz integriert wurde. Durch diese Normierung ist es möglich den Indikator mit anderen Umweltwirkungen in Verbindung zu bringen und so beispielsweise Wechselwirkungen aufzuzeigen. Eine ausführliche Beschreibung des Indikators, der Methoden zur Bestimmung der Teilindikatoren und deren Aggregation ist v. Haaren et al. (2008) zu entnehmen.

Im Folgenden werden Ergebnisse der Anwendung der beschriebenen Methode zum BBP anhand von 5 Beispielbetrieben vorgestellt. Tabelle 1 fasst deren wichtigste Merkmale zusammen.

Ergebnisse und Diskussion

Betrachtet man die Ergebnisse in Tab. 2 so wird deutlich, dass das höchste Biodiversitätspotenzial Betrieb B2 aufweist. Dabei erfolgt die größte Differenzierung zwischen den Betrieben bereits durch die Nutzungs- und Anbaudiversität. Während Betrieb B2 insbesondere durch die hohe Anzahl und Anteile der Fruchtarten profitiert, erreicht B4 einen hohen Wert durch unterschiedliche Nutzungsformen (Grünland, Ackerland, Dauerkulturen ..) und die Verwendung vieler Sorten. B1 fällt hingegen aufgrund seiner eher einseitigen Anbaustruktur in der Bewertung zurück. Die TI zur Erfassung der Flächenstruktur weisen darauf hin, dass speziell die größeren Betriebe

in z.T. gering strukturierten Landschaften schlechter bewertet werden, was das Resultat der z.T. großen und homogenen Bewirtschaftungseinheiten ist. Aber auch im Bereich der Inputs sind deutliche Differenzierungen zu erkennen. Die intensiveren Betriebe B1 und B3 werden als Folge des höheren Einsatz von Dünge- und Pflanzenschutzmitteln schlechter bewertet. Aus den Analysen geht jedoch auch hervor, das sich insbesondere B1 durch ein gleichmäßiges Intensitätsniveau, im Vergleich zu den Betrieben B3 und B5, über alle Flächen auszeichnet. Diese gilt in ähnlicher Form innerhalb der maßnahmenbezogenen TI, worin sich vor allem die homogene Behandlung der Flächen widerspiegelt. Hervorzuheben ist hier zusätzlich der Trend, das die ökologisch bewirtschafteten Flächen tendenziell eine geringer Überrollhäufigkeit der Flächen aufweisen.

Tab. 1: Merkmale der untersuchten der Beispielbetriebe

Betrieb	B1	B2	B3	B4	B5.
Betriebsform	Konvent.	Ökologisch	Konvent.	Ökologisch	Konvent.
Betriebssystem	Gemischt, Futterbau, Veredelung	Gemischt, Futterbau, Veredelung	Marktfrucht	Futterbau	Marktfrucht
Fläche	43 ha	68 ha	2050 ha	4100 ha	80 ha
Nutzungsstruktur	AL 100%	AL 55% GL 45%	AL 100%	AL 70% GL 30%	AL 85% GL 15%
Anbauumfang (Fruchtarten mit größtem Anteil)	WW 40% Kar 20% SM 20% KM 20%	WW 29% LKG 22% WRo 13% SG 9%	WW 43% WRa 15% WG 9% ZR 7 %	WRo 33% AGr 19% SBG 18% Lup 8%	WRo 19% Kar 14% WG 13% WRa 13%
Ø Ertrag ¹ dt FM / ha	WW 63,4 Kar 356,9 SM 499,8	WW 41,2 Kar 241,8 WRo 39,5	WW 81,9 Kar 497,5 WRo 79,9	SM 160,5 WRo 14,7	WW 43,2 Kar 308,7 WRo 42,8
Ø N-Zufuhr ²	280 kg/ha	154 kg/ha	229 kg/ha	70 kg/ha	150 kg/ha
Naturraum	Oberbay. Tertiärhügelland	Oberbay. Tertiärhügelland	Ostbraunschweig. Hügelland	Baruther Urstromtal	Ostheide

AGr: Ackergras, Kar: Kartoffel, KM: Körnermais, LKG: Luzerne-Kleegras, Lup: Lupine, SBG: Selbstbegrünung, SG: Sommergerste, SM: Silomais, WRa:Winterraps, WRo: Winterroggen, WW: Winterweizen, ZR: Zuckerrübe

¹ Ertrag: Angabe des durchschnittlichen Ertragsniveaus (Frischmasse Hauptprodukt) ausgewählter Fruchtarten

² N-Zufuhr: Auswertungen der Stickstoffbilanz Betrieb (Nährstoffzufuhr gesamt) über 3 Jahre

Die bisherigen Ergebnisse lassen darauf schließen, dass intensiv geführte oder spezialisierte Betriebe, die sich z.B. durch eine engere Fruchtfolge sowie durch eine höhere Bewirtschaftungsintensität (Düngung und Pflanzenschutz) auszeichnen, mit einem geringerem BBP bewertet werden. Eine generelle Bevorzugung von bestimmten Systemen ist hingegen nicht zu erwarten, da die konkret durchgeführten Bewirtschaftungsmaßnahmen in der Bewertung berücksichtigt werden. Systembedingte Unterschiede sind abbildbar, allerdings werden zwischen den unterschiedlichen Systemen fließende Übergänge im BBP erwartet.

Tab. 2: Ergebnisse der Betriebsbewertung

Betriebe	Strukturen				Inputs			Maßnahmen				Biodiversitätspotenzia I
	Nutzungs- u. Anbaudiversität	Schlaggröße	Randlänge	Variationskoeffizient Schlaggröße	Anteil der LF ohne PSM	Düngungsintensität	Gesamtbehand- lungsindex	Verfahrensdiversität Bodenbearbeitung	Verfahrensdiversität Ernte	Nutzungshäufigkeit	Überrollhäufigkeit	
B1-k	0,37	0,96	0,86	0,25	0,00	0,21	0,46	0,69	0,70	0,88	0,70	0,49
B2-ö	0,96	0,85	0,86	0,45	1,00	0,94	1,00	0,90	0,83	0,81	0,82	0,89
B3-k	0,49	0,44	0,82	0,62	0,41	0,26	0,23	0,74	0,80	0,77	0,61	0,53
B4-ö	0,92	0,46	0,70	0,40	1,00	0,95	1,00	0,92	0,92	0,89	0,93	0,85
B5-k	0,78	0,96	0,80	0,68	0,90	0,58	0,65	0,88	0,85	0,75	0,86	0,80

Das BBP erlaubt aufgrund der Sensitivität gegenüber den Bewirtschaftungsmaßnahmen eine detaillierte Unterscheidung zwischen Betriebstypen. Darüber hinaus ist durch die gewählte Realisierung eine weite Anwendbarkeit gegeben, wodurch der Ansatz in nahezu jedem Betrieb genutzt werden kann.

Das weitere Vorgehen sieht eine Ausweitung der Anwendung in einer Vielzahl von Betrieben vor, um etwaige Schwächen und Defizite zu erkennen. Da bisher Untersuchungen zur Korrelation zwischen BBP und der „realen“ Biodiversität ausstehen, wird eine Validierung der Ergebnisse anhand systematisch erhobener State-Indikatoren angestrebt. Erste Untersuchungsergebnisse weisen jedoch darauf hin, dass die Entwicklungstendenzen für einzelne Artengruppen mit denen des BDP übereinstimmen

Literatur

- Küstermann, B.; Kainz, M.; Hülsbergen, K. J. (2007): Modelling carbon cycles and estimation of greenhouses gas emissions from organic and conventional farming systems. *Renewable Agriculture and Food systems* 23, 1 - 16.
- Siebrecht, N. & Hülsbergen, K. J., 2008: Evaluation of Farm Biodiversity with Indicators in the Context of Sustainability. In: Neuhoff, D., et al. (Hrsg.): *Cultivating the future based on science Volume 2 - livestock, socio-economy and cross disciplinary research in organic farming*. Modena: Artestampa, 704 - 707.
- Von Haaren, C.; Hülsbergen, K. J.; Hachmann, R. (2008): EDV-Systeme zur Unterstützung der Erfassung, Bewertung und Konzeption von Naturschutzleistungen landwirtschaftlicher Betriebe. *Ibidem*, Hannover, 300.

Lebensraumqualität für Vogelarten in Agrarlandschaften unter besonderer Berücksichtigung von Maisflächen und selbstbegrünten Ackerbrachen

J. Hoffmann

Einleitung

Für die Berichtspflichten der Bundesregierung zur Situation der biologischen Vielfalt besitzen Vogelarten eine besondere Bedeutung. Basierend auf umfangreichen Methodenentwicklungen für die Bewertung der biologischen Vielfalt wurde als wichtigster Indikator die Abundanz und Verbreitung ausgewählter Vogelarten vorgeschlagen (EEA 2007). National wurden geeignete Indikatoren, spezifiziert für die Agrarlandschaften, entwickelt (Achziger et al. 2004, Hoffmann et al. 2007).

Im Rahmen der Übereinkunft zur Erhaltung der biologischen Vielfalt (CBD 1994) besteht die Verpflichtung, einen weiteren Verlust der biologischen Vielfalt bis 2010 zu stoppen und die Biodiversität in der Landwirtschaft durch nachhaltige Entwicklungen zu fördern (BMU 2007, BMELV 2008). Dabei wird aktuell dem Klimaschutz eine große Bedeutung beigemessen, in der Landwirtschaft u. a. durch Förderung des Energiepflanzenanbaus. Vornehmlich zur Absicherung der teilweise neu gestellten Produktionsziele wurde ab 2008 die Verpflichtung der Landwirte aufgehoben, 10% ihrer Flächen als Brachen stillzulegen. Diese Situation führte zu einer Vergrößerung der Flächen für den Energiepflanzenanbau sowie schlagartig zu einer drastischen Reduktion der Brachen, von 648200 ha 2007 auf 309900 ha 2008, bundesweit um 52%. Zeitgleich war eine Vergrößerung der Maisanbauflächen, die neben der Futtermittelerzeugung auch Zwecken der Bioenergiegewinnung dienen, von 2007 zu 2008 um 6,5%, zu verzeichnen (Statistisches Bundesamt 2008).

Um den Einfluss dieser großflächigen Nutzungsänderungen, die meist Intensivierungen gleichkommen, auf die biologische Vielfalt zu prüfen, wurden die Vorkommen der Vögel als ein möglicher Indikator für die Artenvielfalt und gleichzeitig für die Lebensraumqualität auf Maisflächen und auf Brachen näher untersucht und mit Referenzwerten der gesamten Agrarlandschaft verglichen. Dabei fanden die Kriterien Artenvielfalt sowie Abundanzen und Populationen der Indikatorvogelarten besondere Beachtung. Im Resultat werden Lösungsansätze zur Integration und Förderung der biologischen Vielfalt, die im Kontext zu leitungsfähigen Nutzungssystemen stehen, für die agrarischen Flächen vorgeschlagen.

Material und Methoden

Die Untersuchungen erfolgten 2008 im Bundesland Brandenburg. In diesem Gebiet wurde zunächst 2005 über die gesamte Agrarlandschaft verteilt, ein Beobachtungsnetz auf 6500 ha Fläche, bestehend aus 65 je 1km² großen, stratifizierten und randomisierten Monitoringflächen für die Ermittlung von Vogelbestandsdaten, etabliert. Auf jeder dieser Flächen wurde nach der für vogelkundliche Erhebungen standardisierten Methode der Revierkartierung die Artenvielfalt der Brutvögel, vorkommende Nahrungsgäste sowie die Abundanzen und lokalen Populationen aller Brutvogelarten ermittelt. Mit Hilfe der Flächen- und Bestandsdaten wurden dann die Metapopulationen, d.h. die Anzahl der Reviere in der gesamten der Agrarlandschaft des Landes berechnet (Hoffmann und Kiesel 2007). Die hierfür erforderlichen

Felduntersuchungen erfolgten 2005 und 2006. Die positionierten Monitoringflächen repräsentieren annähernd die Mengenanteile der vorkommenden Fruchtarten auf den Agrarflächen des Landes. Die erhaltenen avifaunistischen Kenngrößen können somit als repräsentative Bestandsdaten der Vogelarten sowie speziell der Indikatorvogelarten dienen.

Die 2008 durchgeführten Untersuchungen erfolgten gezielt auf zusammenhängenden Mais- bzw. Bracheflächenarealen, um deren Einfluss auf die Vogelarten in der Agrarlandschaft ermitteln zu können. Analog der Referenzerhebungen wurde die Revierkartierung zur Ermittlung der Vogelbestandsdaten in den Felderhebungen angewendet sowie die Größe der einzelnen Monitoringflächen von je 1 km² beibehalten. Insgesamt wurden 7 Maisanbaugebiete von je 1 km² sowie 4 1 km² große Brachengebiete untersucht.

Aufgrund der mit etwa 500 bis 600 mm relativ niedrigen Jahresniederschlagssummen wird Mais in Brandenburg in der Regel ohne Vorfrucht angebaut. D. h., die Bestellung der Schläge erfolgt in der zweiten Aprilhälfte, die Bestandsentwicklung der Kulturpflanzen somit erst von Ende April/Anfang Mai. Untersuchte Brachen waren dem Strukturtyp „selbstbegrünte Brache“ zugehörig, die aufgrund langjähriger Brachestadien durch einen hohen Anteil spontan angesiedelter Wildgräser bestimmt werden. Eine Bewirtschaftung der Brachen war durch jährlich einmaliges Mulchen im Sommer ab Juli bzw. Spätsommer vorgegeben.

Aus den Felderhebungen erhaltene Daten zu den Kennwerten Artenvielfalt der Brutvogelarten, Auftreten von Nahrungsgästen, Abundanzen und Vogelpopulationen der Indikatorvogelarten wurden vergleichend mit denen der Referenz in der Agrarlandschaft analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die ermittelten Maßzahlen Artenvielfalt und mittlere Artenzahl charakterisieren die selbstbegrünten, relativ naturnahen Brachen als Lebensräume mit höchster Lebensraumqualität für Vogelarten. Die mittlere Artenzahl je 100 ha erreicht auf den Brachen etwa um 65% höhere Werte als auf der Referenz. Auf den Maisflächen liegt die mittlere Artenzahl unter dem Referenzniveau. Tendenziell gleiche Ausrichtung zeigt die mittlere Reviersumme, durch welche die Dichte der Reviere aller Brutvogelreviere auf 100 ha Fläche charakterisiert werden kann. Demnach weisen Brachen im Ranking höchste Reviersummen auf, ihnen folgen Referenz und Maisflächen mit deutlichem Niveauunterschied (Tab. 1).

Tab. 1: Artenvielfalt, mittlere Artenzahl, mittlere Reviersumme sowie Reviere der Indikatorvogelarten/100 ha der Referenz sowie der Mais- und der Bracheflächen

Flächentyp	Artenvielfalt*	\bar{X} Artenzahl	\bar{X} Reviersumme	Reviere Indikatorvogelarten/100 ha
Referenz	61	19	69,5	39,22
Mais	40	14,4	49,2	36,86
Brache	66	31,3	107,7	81,88

Artenvielfalt* - Anzahl der Arten, bezogen auf 69 Brutvogelarten der Mais- und Bracheflächen, die während der Erhebungen feststellbar waren; **\bar{X} Artenzahl** – mittlere Anzahl der Brutvogelarten je 100 ha; **\bar{X} Reviersumme** – Anzahl Reviere der Brutvogelarten, die im Mittel auf 100 ha auftreten; **Reviere Indikatorvogelarten/100 ha** – Summe der Reviere der Indikatorvogelarten (vgl. Tab. 2)

Bedeutsam für die Bewertung der Lebensraumqualität sind ferner die Revierdichten der als Indikatorvogelarten ausgewiesenen Arten. Hier zeigt sich, dass die ermittelten summarischen Revierdichten der Indikatorvogelarten im Vergleich zwischen Referenz

renz- und Maisflächen keinen signifikanten Unterschied aufweisen, Bracheflächen jedoch um mehr als 100% höhere Revierdichten ermöglichen.

Die Betrachtung der einzelnen Abundanzen der Indikatorvogelarten (Tab. 2) verdeutlicht jedoch auch artspezifisch unterschiedlich gerichtete Habitataignungen der Flächentypen. Als Alleinstellungsmerkmal würde demnach keine der Flächentypen für alle Indikatorvogelarten optimale Lebensraumbedingungen bereitstellen können. Wenngleich durch Brachen für Arten wie Braunkehlchen, Grauammer und Feldlerche vorzügliche Lebensraumbedingungen bestehen, sind diese z.B. für Schafstelze und Ortolan, Vogelarten die eher spezifische Entwicklungsphasen in bestimmten Kulturpflanzenbeständen bevorzugen, hier weniger gut geeignet. Demnach besitzen auch Maisflächen ohne Vorfrucht, wie sie bei geringen Bodenwasserressourcen in einigen Regionen Deutschlands praktiziert werden, z.B. für die Feldlerche deshalb relativ günstige Lebensraumbedingungen im Vergleich zur Referenz, weil die für die Art nachteilig wirkenden dichten Kulturpflanzenbestände sich erst ab Ende Mai/Anfang Juni etablieren, eine Zeit, in der die Feldlerche bereits die zweite Brut zum Abschluss bringen kann.

Tab. 2: Abundanzen (Reviere/100 ha) der Indikatorvogelarten (14 Arten in Brandenburg) auf Referenz-, Mais- und Bracheflächen, (OLC – Offenlandcharakterart, **WR-OLC** – Waldrand-Offenlandcharakterart)

Lebensraumtyp	Indikatorvogelart	Abundanzen (Reviere/100 ha)		
		Referenz	Mais	Brache
OLC	Braunkehlchen	0,74	0,14	7,63
OLC	Grauammer	2,34	2,50	9,38
OLC	Feldlerche	21,14	27,93	55,63
OLC	Schafstelze	4,31	2,93	1,50
OLC	Wachtel	0,51	0,00	1,63
OLC	Wiesenpieper	0,03	0,00	0,75
OLC	Kiebitz	0,03	0,29	0,38
OLC	Feldschwirl	0,03	0,00	0,00
WR-OLC	Neuntöter	1,03	0,79	1,38
WR-OLC	Dorngrasmücke	1,71	0,64	1,75
WR-OLC	Hänfling	0,26	0,36	0,50
WR-OLC	Goldammer	4,86	1,00	1,00
WR-OLC	Feldsperling	1,06	0,29	0,38
WR-OLC	Ortolan	1,17	0,00	0,00

Neben ihrer Funktion als Lebensraum für Brutvögel besitzen landwirtschaftliche Flächen eine essentielle Bedeutung als Nahrungsareale für Greifvögel. Der Vergleich der Greifvogeldichten zwischen Brache- und Maisflächen zeigt, dass Brachen aufgrund ihrer Vegetationsstruktur und korrespondierenden Nahrungsressourcen, vornehmlich Kleinsäuger, eine hohe Funktion als Nahrungshabitat besitzen (Abb. 1). Der zeitliche Verlauf der Nutzung der Flächen zur Nahrungsaufnahme verdeutlicht jedoch auch, dass Nutzungsvielfalt zur Artenvielfalt in der Agrarlandschaft beiträgt. Während für Greifvögel die Vorzüglichkeit der Brachen im März, Mai und Juni deutlich überwiegt, besitzen Maisflächen eine zeitweilige „Magnetfunktion“ für Greifvögel, wenn in der zweiten Aprilhälfte die Flächen bestellt werden.

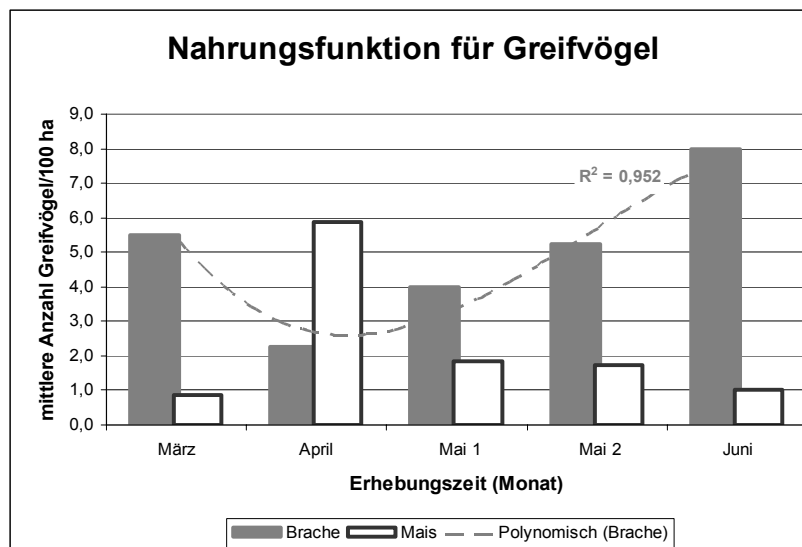


Abb. 1: Nahrung suchende Greifvögel/100 ha auf Mais- und auf Bracheflächen im zeitlichen Verlauf von März bis Juni 2008, (Mäusebussard, Turmfalke, Rohrweihe, Rotmilan, Schwarzmilan, Wiesenweihe, Kornweihe, Wespenbussard, Raufußbussard, Sperber, Seeadler, Schleiereule, Waldohreule)

Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass zur Gewährleistung der Verpflichtungen für die Erhaltung der biologischen Vielfalt mit der Reduktion der Brachen bei gleichzeitiger Zunahme der Maisanbauflächen zeitnah ökologische Ausgleichsmaßnahmen notwendig sind. Diese könnten im Einzelnen bedeuten, größere Teilflächen der Brachen zu erhalten, eine Etablierung von Naturschutzspots zur Förderung der Habitat- und Artenvielfalt in den Ackerbaugebieten vorzusehen (Berger et al. 2003), die regionale Fruchtartenvielfalt wieder stärker zu erhöhen sowie Agrarumweltmaßnahmen in den Ackerbaugebieten verstärkt zielorientiert für konkrete Maßnahmen zur Förderung der Biodiversität auszurichten.

Literatur

- Achziger, R., Stickroth, H., und Zieschank, R. (2004): Nachhaltigkeitsindikator für die Artenvielfalt – ein Indikator für den Zustand von Natur und Landschaft in Deutschland. – *Angewandte Landschaftsökologie* 63: 137 S.
- Berger, G., Pfeffer, H., Kächele, H., Andreas, S., Hoffmann und J. (2003): Nature protection in agricultural landscapes by setting aside unproductive areas in ecotones within arable fields ("Infield Nature Protection Spots"). *J. for Nature Conservation* 11/3: 221-233.
- CBD (1994): Convention on Biological Diversity. UNEP/CBD/94/1: 34p.
- EEA (2007): Halting the loss of biodiversity by 2010: proposal for first set of indicators to monitor progress in Europe. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, Technical report 2007 (11).
- Hoffmann, J. und Kiesel, J. (2007): Abundanzen und Populationen von Brutvogelarten als Grundlage für einen Vogelindikator der Agrarlandschaft. *Otis* 15: 61-77.
- Hoffmann, J., Kiesel, J., Strauß, D.-D., Greef, J.-M. und Wenkel, K.-O. (2007): Vogelindikator für die Agrarlandschaft auf der Grundlage der Abundanzen der Brutvogelarten im Kontext zur räumlichen Landschaftsstruktur. *Landbauforschung Völkenrode* 57/4: 333-347.
- BMELV (2008): Forschungsplan des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz 2008. BMELV, Berlin.
- BMU (2007): Nationale Strategie zur biologischen Vielfalt. Reihe Umweltpolitik. Bonifatius, Paderborn: 178 S.
- Statistisches Bundesamt (2008): Landwirtschaftliche Bodennutzung – Anbau auf dem Ackerland (Vorbericht), D_STATIS Wissen. nutzen. Fachserie 3, Reihe 3.1.2, Wiesbaden.

Verbesserung der Ackerwildpflanzen-Diversität in Randstreifen durch intraspezifische Aggregation

B. Waßmuth, T. Tschardtke*, P. Stoll** & C. Thies*

Einleitung

Die Biodiversität in der Agrarlandschaft hat in den letzten Jahrzehnten stark abgenommen. Um den Schutz von Ackerwildpflanzen zu verbessern, wurden Ackerlandstreifenprogramme im Rahmen der europäischen Agrarumweltprogramme eingerichtet. Allerdings ist die Anlage artenreicher Randstreifen aufgrund einiger weniger dominanter Pflanzenarten nicht immer erfolgreich. Jede Pflanze wird von ihren Nachbarpflanzen, das heißt von deren Entfernung, Wuchsform und Artidentität beeinflusst. In dem vorgestellten Freilandversuch wurde die Auswirkung intra- und interspezifischer Konkurrenz auf einjährige Ackerwildpflanzen untersucht. Es wurde getestet, ob das räumliche Aussaatmuster der intraspezifischen Aggregation die Etablierung konkurrenzschwacher Arten fördern kann. Zusätzlich wurde die Bedeutung der intraspezifischen Aggregation auf unterschiedlichen räumlichen Ebenen, in verschiedenen Artenzusammensetzungen und bei hoher und niedriger Nährstoffversorgung erfasst.

Material und Methoden

Es wurden sechs einjährige Ackerwildpflanzenarten untersucht: die Gräser *Poa annua* und *Bromus mollis*, die Kräuter *Calendula arvensis* und *Centaurea cyanus* und die Leguminosen *Trifolium campestre* und *Medicago lupulina*. Die Samen wurden (a) zufällig verteilt, (b) kleinflächig intraspezifisch aggregiert und (c) großflächig intraspezifisch aggregiert ausgesät (Abb.1). Die Ansaaten bestanden aus Gräsern, Kräutern, Leguminosen und den Kombinationen Gräser-Kräuter, Kräuter-Leguminosen, Gräser-Leguminosen und Gräser-Kräuter-Leguminosen. Die Ansaat erfolgte in nährstoffarmer oder nährstoffreicher Erde. Die Ernte erfolgte bei Blüte der Arten, alle Pflanzen wurden an der Bodenoberfläche abgeschnitten, nach Arten sortiert, getrocknet und gewogen. Die Daten wurden log-transformiert und mit einer ANOVA analysiert. Um die Unterschiede zwischen einzelnen Faktorstufen zu analysieren wurde ein Post-hoc Test (Tukey HSD) durchgeführt.

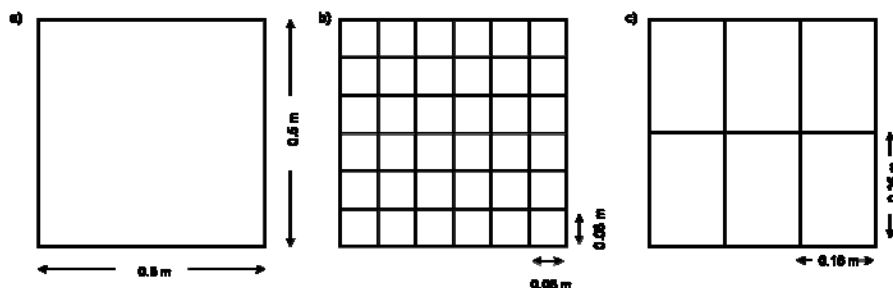


Abb. 1: Aussaatmuster der Ansaaten (a) zufällig verteilt, (b) kleinflächig intraspezifisch aggregiert und (c) großflächig intraspezifisch aggregiert.

birte.wassmuth@agr.uni-goettingen.de

* Agrarökologie, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Georg-August-Universität Göttingen, Waldweg 26, 37073 Göttingen;

**Department Umweltwissenschaften, Naturschutzbiologie, Uni Basel, St.-Johannsvorstadt 10, 4056 Basel

Ergebnisse und Diskussion

Bei größerer intraspezifischer Aggregation stieg die Biomasseproduktion der konkurrenzschwachen Leguminosen *Trifolium campestre* ($F = 24,55$, $p < 0,001$) und *Medicago lupulina* ($F = 33,97$, $p < 0,001$) mit der Größe der räumlichen Skala an. Die Biomasse der konkurrenzstarken Gräser *Poa annua* ($F = 6,96$, $p = 0,002$) und *Bromus mollis* ($F = 6,51$, $p = 0,003$) reagierte dagegen nicht positiv auf die großflächige intraspezifische Aggregation (Abb. 2).

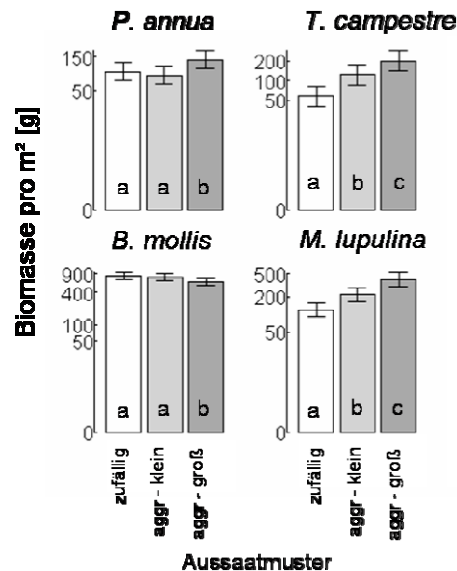


Abb. 2: Biomasseaufwuchs der Gräser *P. annua* und *B. mollis* und der Leguminosen *T. campestre* und *M. lupulina* bei zufälliger, kleinflächig und großflächig intraspezifisch aggregierter Aussaat. Log-transformierte Daten, Mittelwerte \pm 1 Standardfehler, ANOVA, Tukey HSD.

Es wurde der Nachweis erbracht, dass konkurrenzschwache Arten durch intraspezifische Aggregation gefördert werden. Besonders deutlich ist der positive Effekt bei den Leguminosen. Je größer die intraspezifische Aggregation, desto mehr Biomasse produzierten die Pflanzen. Durch die intraspezifische Aggregation wurde die interspezifische Konkurrenz verringert und die konkurrenzschwachen Arten unterlagen nur noch der für sie relativ schwächeren intraspezifischen Konkurrenz.

Konkurrenzschwache Pflanzenarten sind häufig seltene und bedrohte Arten. Sie können sich bei intraspezifischer Aggregation besser etablieren und sogar vermehren, dadurch werden sie langfristig gesehen ein fester Bestandteil des lokalen Artenvorkommens und Samenvorrats. Ansaaten mit einem aggregierten Aussaatemuster können daher erfolgreich im Arten- und Naturschutz eingesetzt werden und zum Schutz der Ackerwildpflanzen beitragen. Die intraspezifische Aggregation ermöglicht die Koexistenz unterschiedlich konkurrenzstarker Pflanzenarten und kann somit die Pflanzendiversität in der Agrarlandschaft erhöhen.

Genetic diversity of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* isolates from Ethiopia

A. Belayneh, W. Friedt* & F. Ordon

Introduction

Puccinia graminis f. sp. *tritici* (Pgt, Fig. 2) causes stem rust on wheat which is a major production constraint of wheat in Ethiopia. The pathogen is known to have high genetic and virulence variability throughout the world and has gained evident importance today due to the appearance of Ug99 overcoming the widely used resistance gene Sr31. Virulence analysis study revealed the presence of 22 races including Ug99 in Ethiopia (Admassu et al. 2008). Besides virulence analyses, advancements in DNA finger printing techniques allow for a better understanding of the genetic structure of pathogens, today. Therefore, Simple Sequence Repeats (SSRs) and Amplified Fragment Length Polymorphisms (AFLPs) were employed to determine the genetic relationships among 48 Pgt isolates from Ethiopia with known virulences.

Materials and Methods

Pgt Isolates

Puccinia graminis f. sp. *tritici* samples were collected from farmers' wheat fields in Ethiopia. 48 monopustule isolates were selected based on their virulence on near-isogenic wheat lines, and geographic locations. Accordingly, 21, 16 and 11 single-uredinial isolates from central (CEE), south eastern (SEE) and north western Ethiopia (NWE), respectively were selected for the study. The total genomic DNA was extracted from 20 mg urediospores using the Nucleplex™ Plant DNA kit (Tepnel Life Sciences, Manchester, UK) according to the manufacturer's instruction.

AFLP and SSR analysis

For AFLP analysis, +2 selective amplification PCR was performed using 15 EcoRI (50 ng) and MseI (10 ng) primer pairs according to the programme described by Vos et al (1995). Later, AFLP fragments were separated on 8% polyacrilamide gel in a Li-COR 4300 system (Li-COR Biosciences, USA). For SSR analysis, ten microsatellites (Szabo, 2006) were assayed on 48 Pgt isolates. In each amplification, the master mix consisted of buffer (10X) MgCl₂ (25 mM), dNTPs (10 mM), forward primer (1.0 pmol/uL) reverse primer (10.0 pmol/uL), M13 primer (10.0 pmol/uL) and Taq (0.5U). Amplification of the DNA was done with a GeneAmp® PCR System 9700 (Applied Biosystems, USA). The PCR products were diluted and separated on a ABI PRISM 3230XL sequencer for the detection of alleles.

Results and discussion

The number of alleles per locus ranged from two to six with observed frequency of 3.1 – 68.1%, whereas the polymorphic information content (PIC) of the ten SSRs ranged from 0.176 – 0.808. There is high genetic diversity within each population that ranges between 0.490 - 0.593 (Table 1). On the other hand, the genetic diversity among populations was very low, which is 0.136 – 0.317. The high genetic identity between northwest Ethiopia and central Ethiopia (0.864) and southeast Ethiopia and

Julius Kuehn-Institute, Federal Research Institute for Cultivated Plants (JKI), Institute for Resistance Research and Stress Tolerance, Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg, Germany;
e-mail: belayneh.admassu@jki.bund.de

* Justus-Liebig-University Giessen, Institute of Crop Science and Plant Breeding I, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen, Germany;

central Ethiopia (0.839) (Table 2) shows the free flow of genes between these regions. The relatively low genetic identity between northwest Ethiopia and central Ethiopia (0.683) is assumed to be due to the geographic isolation of these two regions. The cluster analysis placed the 48 isolates into three major groups, each dominated by isolates originated from the three regions. The AFLP analysis showed a high number of polymorphisms between Pgt isolates. An average of 22 polymorphic bands was detected with each primer pair. No correlation has been observed between virulence and genetic diversities. The results demonstrate the high genetic diversity within Ethiopian Pgt populations, and little differentiation among regions.

Table 1: Genetic diversity within populations based on 48 isolates assayed on ten SSRs

Population	Genetic diversity
Central Ethiopia (CEE)	0.593
Northwest Ethiopia (NWE)	0.522
Southeast Ethiopia (SEE)	0.490

Table 2: Genetic diversity between populations based on 48 isolates assayed on ten SSRs

	Genetic diversity	
	NEW	SEE
SEE	0.317	
CEE	0.136	0.161

Acknowledgement

The authors thank the Katholischer Akademischer Ausländerdienst for financial support of Belayneh Admassu.

Reference

- Admassu B., Lind V., Friedt W. and Ordon F. 2008. Virulence analysis of *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* populations in Ethiopia with special consideration of Ug99. *Plant Pathology* (in press)
- Szabo L. J. Development of simple sequence repeat markers for the plant pathogenic rust fungus, *Puccinia graminis*. *Molecular Ecology Notes*. Online publication no. doi:10.1111/j.1471-8286.2006.01540.x
- Vos P., Hogers R., Bleeker M., Reijans M., van de Lee T., Hornes M., Frijters A., Pot J., Peleman J., Kuiper M. And Zabeau M. 1995. AFLP: a new technique for DNA fingerprinting. *Nucleic Acids Research* 23: 4407 – 4414

***Fusarium*-Resistenz bei Winterweizen: von der Expression zum Kandidatengen**

M. Diethelm, S. Mikolajewski, C. Wagner*, M. Riehl*, L. Hartl, W. Friedt*
& G. Schweizer

Einleitung

Fusarium-Taubährigkeit im Weizen wird vornehmlich von den Erregern *Fusarium graminearum* und *Fusarium culmorum* ausgelöst und führt zu starken Ertrags und Qualitätseinbußen, insbesondere durch eine hohe Mycotoxinbelastung des Erntegutes. Die Resistenz gegen *Fusarium* ist im Winterweizen quantitativ ausgeprägt. Es ist weder eine vollständige Resistenz gegenüber dem Eindringen des Pilzes in die Pflanze (Typ1-Resistenz) noch gegenüber dem Ausbreiten in der Ähre (Typ2-Resistenz) bekannt. Umfassende QTL-Kartierungen für *Fusarium*-Resistenz konnten bereits in mehreren Kartierungspopulationen durchgeführt werden, die hierfür verantwortliche Gene sind jedoch weitestgehend unbekannt. Ziel des vorliegenden DFG-Projektes ist die Aufklärung der für die Resistenzreaktion des Winterweizens verantwortlichen Gene mit Hilfe der Expressionsanalyse sowie deren Rückkartierung in bestehende Chromosomenkarten.

Material und Methoden

Die Eltern der spaltenden Kartierungspopulationen Dream (res.) x Lynx (anf.), G16-92 (res.) x Hussar (anf.) und SVP2017 (res.) x Capo (anf.) wurden für die Expressionsanalyse ausgewählt. In den ersten beiden Populationen waren QTLs für *Fusarium* Resistenz auf den Chromosomen 1A und 2BL (G16-92 x Hussar) sowie 6AL, 1B, 2BL und 7BS (Dream x Lynx) kartiert worden (Schmolke et al, 2004, 2005, 2008).

Die Inokulation erfolgte während der Anthese durch das Eintropfen von 10µl einer *Fusarium graminearum* Makrokonidien-Suspension (Stamm: IFA65, 500 Konidien/Blüte) in die Blüte. Lemma, Palea und Rachis inokulierter Blüten wurden anschließend während eines Zeitraums von vier Tagen beprobt und den Zeitpunkten entsprechend einer cDNA-AFLP-Analyse unterzogen. Verglichen wurde jeweils eine mock-behandelte Kontrollvariante mit der *Fusarium*-inokulierten Probe im resistenten und im anfälligen Elter. TDFs die dabei unterschiedliche Expressionsmuster zeigten wurden aus dem Gel ausgeschnitten, kloniert und sequenziert.

Ergebnisse und Diskussion

Durch cDNA-AFLP Analyse konnten über 90 differentiell exprimierte TDFs identifiziert werden. BLAST-Analysen in NCBI und Tigr Datenbanken ermöglichten einen Rückschluss auf die mögliche Funktion der Genfragmente. Etwa die Hälfte der differentiell exprimierten TDFs konnte Genen mit bekannter Funktion zugeordnet werden, ein Drittel hat unbekannt Funktion. Der Rest zeigte Übereinstimmungen mit Sequenzen vom Pathogen *Fusarium graminearum*.

Eine Auswahl differentiell exprimierter und funktionell bekannter TDFs ist in der folgenden Tabelle zusammengestellt:

Bayrische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 2 und 6, 85354 Freising

* Justus-Liebig-Universität Giessen, Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen

Genotyp	BLAST-Hit	E-Value	Funktion
Dream	<i>Triticum aestivum</i> , 1-phosphatidylinositol-4-phosphate 5-kinase	3.0e-55	Reorganisation des Zytoskeletts
G16-92	<i>Oryza sativa</i> , Putative lipid transfer protein	3.3e-27	Pathogenabwehr
G16-92	<i>Oryza sativa</i> , Katanin-like protein	3.9e-26	Reorganisation des Zytoskeletts
G16-92	<i>Triticum aestivum</i> , Thaumatin-like protein	9.9e-100	Pathogenabwehr
G16-92	<i>Triticum aestivum</i> , mRNA for WIR1, pathogen defense protein	6.9e-86	Pathogenabwehr
SVP	<i>Oryza sativa</i> , Putative coatomer protein complex, beta subunit	4,9 e-23	Transport
SVP	<i>Oryza sativa</i> , Glycosyl transferase	1.6e-87	Übertragung von Glycosylgruppen z.B.auf Proteine, Lipide; evtl. Entgiftung
SVP	<i>Triticum aestivum</i> , Putative MADS-box protein 7	6.3e-58	Signaltransduktion
Capo	<i>Oryza sativa</i> , NPR1-like protein	5.1e-49	Signaltransduktion in der Pathogenabwehr
Capo	<i>Oryza sativa</i> , Putative heat shock protein HSP 70	7.5e-65	Stress-Antwort
Capo	<i>Triticum aestivum</i> , Putative Cytochrome P450	2.2e-09	Stress-Antwort
Hussar	<i>Triticum aestivum</i> , NADPH-thioredoxin reductase	1.2e-62	Stress-Antwort
G16-92	<i>Agropyron cristatum</i> , pyrroline-5-carboxylate synthetase	2.1e-64	Reaktion auf Trockenstress

Von den differentiell exprimierten TDFs konnten bereits ein WIR1-Gen auf Chromosom 5D und ein TDF mit unbekannter Funktion auf Chromosom 5A rückkartiert werden. Eine TDF mit Ähnlichkeit zu einer Cytochrom P450 Monooxygenase kartierte in ein QTL-Intervall für Fusarium-Resistenz auf Chromosom 2B der History x Rubens Population (Karte von Holzappel et al. 2008). Cytochrom P450-Monooxygenasen übernehmen weitgefächerte Aufgaben in der Zelle, unter anderem die Synthese von pflanzeigenen Abwehrstoffen und Entgiftung. Ein TDF mit starker *Fusarium*-induzierter Expression im resistenten Elter G16-92 (mit Real-time PCR bestätigt) hat große Ähnlichkeit mit einem WIR1-Gen des Weizens (wheat induced resistance gene 1). Dies ist ein kleines membrandurchspannendes Protein anhand dessen Struktur angenommen wird, dass es zur Verstärkung der Adhäsion des Plasmalemmas an die Zellwand und damit zur höheren Stabilität der Zellwand bei Pathogenangriff beiträgt (Bull et al.1992). Aufgrund eines INDEL-Polymorphismus konnte es auf Chromosom 5D kartiert werden. Auch andere differentiell exprimierten TDFs lassen auf eine Zellwandbasierte Abwehr bei resistenten Winterweizen schließen. Schon 8 bis 24 Stunden nach Inokulation werden TDFs mit starker Sequenzähnlichkeit zu Genen, die mit dem Zytoskelett in Verbindung stehen hochreguliert (1-Phosphatidylinositol-4-Phosphate-5-Kinase aus Dream und Katanin aus G16-92). Anhand des Zytoskeletts richten sich zum einen die Zellulosefibrillen der Zellwand aus, zum anderen können Stoffe entlang der Mikrofilamente des Zytoskeletts zur Infektionsstelle transportiert werden (Review Hückelhoven 2007). Verifikation der differentiellen Expression weiterer TDFs wird zurzeit mit Real-time PCR durchgeführt.

Literatur

- Bull J., Mauch F., Hertig C., Rebmann G., Dudler R., 1992. Sequence and expression of a wheat gene that encodes a novel protein associated with pathogen defense. *Molecular Plant-Microbe Interaction*. 5: 516-519
- Holzappel S., Voss, H.-H., Miedaner, T., Korzum, V., Häberle, J., Schweizer, G., Mohler, V., Zimmermann, G., Hartl, L., 2008. Inheritance of resistance to Fusarium head blight in three european winter wheat populations. *Theor Appl Genet* (published online)
- Hückelhoven R., 2007: Cell wall-associated mechanisms of disease resistance and susceptibility. *Annu. Rev. Phytopathol.* 45:101-27

Charakterisierung Schweizer Maislandsorten

N. Freitag, P. Stamp & R. Messmer

Einleitung

Maislandsorten enthalten möglicherweise genetische Variation die in aktuellen und zukünftigen Züchtungsprogrammen verwendet werden könnte. Um geeignete Eigenschaften zu finden, müssen die Landsorten genetisch und phänotypisch charakterisiert werden. Zu diesem Zweck wurde eine repräsentative Kernsammlung von 35 Schweizer Maislandsorten definiert, welche den grössten Teil der genetischen und phänotypischen Diversität der mehr als 160 gesammelten Landsorten umfasst. Molekulare Analysen erlauben Rückschlüsse auf die genetische Verwandtschaft und die ursprüngliche geographische Verbreitung. Damit kann die Sammlung effizient strukturiert werden.

Niedrige Frühjahrstemperaturen schränken den Maisanbau in Nordeuropa stark ein. Maissorten mit guter Kühletoleranz können dank ihrer kräftigen Jugendentwicklung früh ausgesät werden. Dadurch verlängert sich die Vegetationsperiode und das Ertragspotential wird gesteigert. Überdies wird die Blüte vorgezogen und das Risiko von Ertragseinbussen durch Trockenstress während der Blüte reduziert. Die Verknüpfung von molekularen Informationen (z.B. genetische Distanzen) und phänotypischen Eigenschaften (z.B. Kühletoleranz) kann Aufschluss über heterotische Gruppierungen und den potentiellen Nutzen der Landsorten für die Züchtung geben. Ziel des Projektes ist es, die Kernsammlung Schweizer Maislandsorten genetisch und phänotypisch exakt zu beschreiben und Landsorten mit überlegener Jugendvitalität zu identifizieren. Diese könnten aktuelle Züchtungsprogramme ergänzen und einen Beitrag zur Sicherung hoher Erträge unter ungünstigen Anbaubedingungen leisten.

Material und Methoden

Die DNA von je 15 Pflanzen der 35 Landsorte wurde gemischt und anschliessend in einem Kapillarsequenziergerät mit 35 SSR Markern analysiert. Basierend auf den Allelfrequenzen wurde eine binäre Matrix erstellt und deren paarweise genetische Distanzen (Rogers Distance, 1972) mit der Powermarker Software errechnet.

Die Sprossbiomasse aller Landsorten sowie der Hybridsorte Magister wurde für zwei Aussaattermine im 3- und 6-Blattstadium auf jeweils einem Laufmeter der Parzellen erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Die verwandtschaftliche Gruppierung der Schweizer Maislandsorten unterscheidet eine südliche und zwei nördliche Gruppen (Cluster 1, 2 und 3; Abb.1). Die zwei nördlichen Cluster entsprechen den Herkunftsregionen Vorderrhein (AR) und Hinterrhein (PR), das dritte dem Rheintal (RV) und der Linthebene (LV). Die enge Verwandtschaft zwischen RV und LV deutet auf regen Saatgutaustausch zwischen diesen Regionen hin. Tessiner Landsorten (TM) grenzen sich deutlich von den nördlichen Landsorten ab. Sie sind enger mit Sorten aus dem Wallis (VS) verwandt. Die VS-Sorten können in zwei Untergruppen eingeteilt werden. Cluster 1a enthält Sorten aus dem Unterwallis, Cluster 1b solche aus dem Oberwallis. Die geo-

graphischen und klimatischen Unterschiede zwischen den zwei Talabschnitten beeinflussten offensichtlich die genetische Zusammensetzung der zwei Gruppen. Die Kontrollhybride Magister hatte bei früher Aussaat weniger Biomasse als die hier angeführten Landsorten (Abb. 2). Rheintaler Sorten (RV) hatten zu beiden Blattstadien mehr Biomasse als Magister. Bei später Aussaat verschwanden die Unterschiede allerdings.

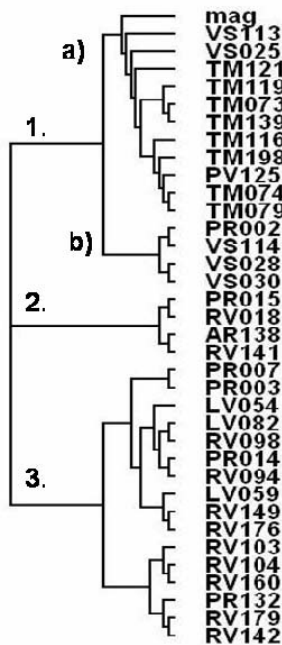


Abb. 1: Verwandtschaftsgruppen Schweizer Maislandsorten.

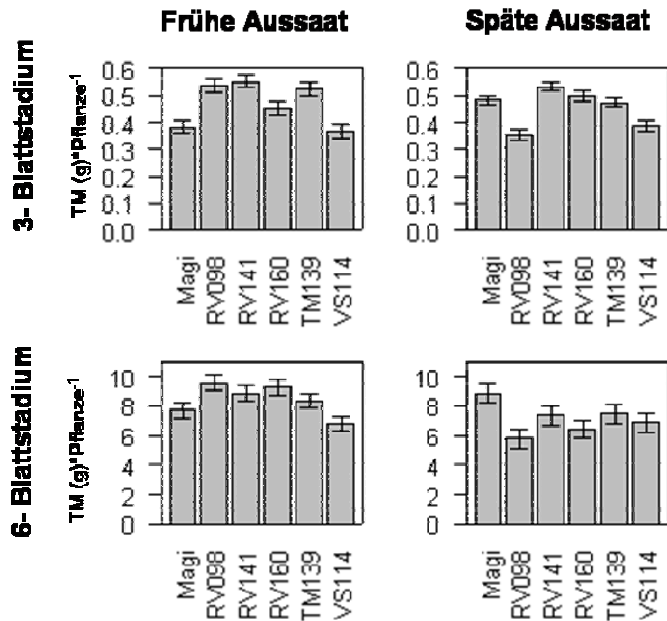


Abb. 2: Sprossbiomasse ausgewählter Maislandsorten nach früher (28.04.2008) und später (22.05.2008) Aussaat zum Zeitpunkt des 3.- bzw. 6.- Blattstadiums.

Diese ersten Ergebnisse aus den Feldversuchen zeigen, dass innerhalb der Schweizer Maislandsorten Formen mit beachtlicher Jugendvitalität vor allem bei früher Aussaat auftreten, die von züchterischem Interesse sein könnten. Diese Ergebnisse müssen in weiteren Untersuchungen bestätigt und ergänzt werden.

Die Europäische *Avena*-Datenbank (EADB): ein Informationssystem für Forschung, Züchtung und Management pflanzengenetischer Ressourcen

C. U. Germeier & C. Höhne

Einleitung

Die Arbeit an pflanzengenetischen Ressourcen (PGR) erfordert komplexe, interdisziplinär angelegte Informationssysteme. Wichtige Bereiche sind primäre Herkunftsdaten (sog. Passportdaten) mit Angaben zu Taxonomie und Volksnamen, Sammelort oder Züchter, haltender Genbank, Identifikationsnummern und Zeitangaben sowie Daten zur Charakterisierung und Evaluierung mit Angaben zu Versuchsanstellung (Standort, Methodik, Design), Merkmalsbonituren oder Messungen und Entwicklungsstadien. Primäre Herkunftsdaten werden von europäischen Genbanken über das Internetportal EURISCO (<http://eurisco.ecpgr.org/>) bereitgestellt. Für die Nutzung von PGR ist die Integration dieser Passportdaten mit Daten zu züchterisch und agronomisch wichtigen Merkmalen (morphologische Charakteristika, Evaluierungsdaten zu Ertrag, Qualität, Resistenz), zunehmend auch unter Einbeziehung von Daten zur molekularen Charakterisierung, wichtig. Die Europäische *Avena*-Datenbank geht auf eine Initiative des Europäischen Kooperationsprogramms für pflanzengenetische Ressourcen (ECPGR) zur Schaffung zentraler fruchtartspezifischer Datenbanken (<http://www.ecpgr.cgiar.org/Databases/Databases.htm>) zurück.

Material und Methoden

Seit 1985 wurden Daten für mehr als 32.000 Genbankmuster aus 25 europäischen Sammlungen erfasst. Fotos, Daten zur morphologischen Charakterisierung sowie zu Proteingehalt und TKG wurden für 1077 Muster in einem von der EU nach der Richtlinie EC 1467/94 geförderten Projekt (<http://eadb.bafz.de/bgrc/eu99106/>) erhoben. Gefördert durch das ECPGR steuerte das N. I. Vavilov Institut (VIR), St. Petersburg, Daten zu Resistenzmerkmalen an 800 Mustern von Wildarten, das gegenwärtig am VIR verwendete taxonomische System mit einer umfangreichen Systematik für Kulturformen (Rodionova et al. 1994) und eine Aufarbeitung älterer Literaturdaten zu bekannten Allelen (Simons et al. 1978) bei. Qualitätsdaten (Protein, β -Glucan, Antioxidantien, Mineralstoffe) und Daten zur *Fusarium*- und Mykotoxin-Problematik für ca. 600 Muster werden aus einem wiederum von der EU nach Richtlinie 870/2004 geförderten Projekt zufließen. Dieses Projekt (*Avena* Genetic Resources for Quality in Human Consumption, <http://eadb.bafz.de/aveq/>) fokussiert auf Qualitätsmerkmale für die menschliche Ernährung.

Die relationale Datenbank mit 98 Tabellen wird auf dem Datenbank-Management-System Oracle gehalten. Sie wird über eine PHP-Anwendung im Internet bereitgestellt. Im laufenden AVEQ-Projekt werden Werkzeuge zur Online-Erfassung von Daten entwickelt. Dies geschieht auf der Basis der Java Enterprise Edition (JEE5).

Ergebnisse und Diskussion

Die Datenbank ist online unter <http://eadb.bafz.de/> verfügbar. Abfragemöglichkeiten und abfragbare Datenbereiche werden in Bildschirmfotos dargestellt. Die Suchmaske erlaubt komplexe verbundene Abfragen von Passport-, Charakterisierungs- und

Evaluierungsdaten zur Auswahl von Mustern europäischer Genbanken. Zu den ausgewählten Mustern können abgerufen werden:

- a) Kreuztabellierte Rangwerte für Charakterisierungs- und Evaluierungsdaten:
Die Originalwerte zu allen Merkmalen wurden innerhalb der jeweiligen Versuche in Rangwerte von eins bis neun transformiert. Diese werden in einer Matrix ähnlich den beschreibenden Sortenlisten angezeigt. Diese Darstellung erlaubt eine schnelle Orientierung über die ausgewählten Merkmale anhand grober Richtwerte.
- b) Detaillierte Darstellung für Charakterisierungs- und Evaluierungsdaten:
Sie geben die Daten in den originalen Einheiten absolut und / oder in Prozent, in originalen Boniturnoten und mit beschreibender Statistik (Minimum, Maximum, Mittelwert, Standardabweichung) wieder. Auch die erwähnten Rangwerte werden mit ausgegeben (Universalscore).
Die Ergebnisse zu Charakterisierungs- und Evaluierungsdaten können nach MS Excel heruntergeladen werden. Es liegen Daten von agronomischem Interesse (Ertrag, Lager für ca. 1200 Muster), morphologische Merkmale von Stängel, Blatt, Rispe, Spelze und Korn, Daten zu Wuchsform und Phänologie, Bonituren zu sechs Pilzkrankheiten, BYDV und zwei Schädlingen, zu abiotischem Stress und Messungen zu Qualitätsmerkmalen (Proteingehalt, TKG für über 1000 Muster) vor.
- c) Beschreibung von Versuchsmethodik und Standort:
Es können Informationen zum methodischen Vorgehen und zum experimentellen Hintergrund (Standortgeographie, Versuchsdesign) angezeigt werden.
- d) Genbank-Adressen und Passportdaten:
In der Gruppe der Passportdaten findet sich zu den gesuchten Mustern jeweils eine Liste weiterer Muster, die nach Datenlage einen ähnlichen Genotyp (z.B. die gleiche Sorte) repräsentieren.
- e) Bekannte Allele
Aus der Literatur (Simons et al. 1978) bekannte Allele werden nach den abgefragten Kriterien oder genotypweise angezeigt.
- f) Fotos und Zusammenstellung wichtiger Daten
Für 508 Muster können Bilder mit den wichtigsten Informationen abgerufen werden.

Literatur

- Rodionova N.A., Soldatov V.N., Merezhko V.E., Yarosh N.P. und V.D. Kobylansky (1994): Oves, Kolos, Leningrad (in russisch).
- Simons M.D., Martens J.W., McKenzie R.I.H., Nishiyama I., Sadanaga K., Sebesta J., Thomas H. (1978): Oats: a standardized system of nomenclature for genes and chromosomes and catalog of genes governing characters, United States Department of Agriculture, Washington D.C.

Erhaltung genetischer Ressourcen des Hafers (*Avena* ssp.) im globalen Kontext. Ergebnisse einer Studie für den Global Diversity Trust.

C. U. Germeier

Einleitung

Der Global Crop Diversity Trust (Welttreuhandfonds für Kulturpflanzenvielfalt) ist eine gemeinsame Initiative von FAO und Bioversity International zur langfristigen Unterstützung der *Ex-situ*-Erhaltung von Schlüsselfruchtarten (im Annex I des Internationalen Übereinkommens für pflanzengenetische Ressourcen gelistete Arten). Um eine Informationsbasis zu schaffen, regte der Trust die Erarbeitung regionaler und fruchtartspezifischer Erhaltungsstrategien an und förderte diese mit Personal- und Reisemitteln. Die Studien sollten naturwissenschaftliche Hintergründe (Biologie und Verbreitung der Kulturarten und ihrer Wildverwandten), aktuelle Daten zu *Ex-situ*-Sammlungen und zu den Bedingungen, unter denen sie arbeiten, darstellen, und Empfehlungen ableiten. Die Studie zu Hafer wurde 2006-2007 erarbeitet. Sie ist unter <http://www.croptrust.org/main/strategies.php?itemid=43> zugänglich.

Material und Methoden

Aus Datenbanken wurde ein erster Überblick über *Ex-situ*-Sammlungen der Gattung *Avena* gewonnen. Die Anzahl Muster, gruppiert nach Art und Herkunftsland, wurde ermittelt aus: Genetic Resources Information Network der USA und Kanadas, Europäischer Internetkatalog (EURISCO), Europäische *Avena*-Datenbank (EADB), Bioversity Verzeichnis von Sammlungen genetischer Ressourcen. In einer Befragung wurden die Daten aktualisiert und mit Informationen zu Erhaltungszustand und Management der Sammlungen angereichert. Insgesamt wurden 177 Kuratoren angeschrieben, 38 beteiligten sich. Um in ihrer Struktur einzigartige Sammlungen zu identifizieren, wurde als statistisches Verfahren die Korrespondenzanalyse eingesetzt. In internationalen Expertentreffen wurden die Ergebnisse diskutiert und Empfehlungen erarbeitet.

Ergebnisse und Diskussion

Die 38 eingegangenen Fragebogen repräsentieren mit 57.039 Mustern 79 % der im Bioversity-Verzeichnis gelisteten 72.211 Muster des Kulturhafers. Dies zeigt, dass die bedeutendsten Sammlungen erfasst wurden. Wildverwandte des primären Genpools (hexaploide Arten mit ACD-Genom) sind mit 25.972 Mustern gut in den erfassten Sammlungen repräsentiert. Es handelt sich um die weltweit verbreiteten, als Ungräser gefürchteten Arten *A. fatua* und *A. sterilis*. Vor allem *A. sterilis* fand in amerikanischen Zuchtprogrammen starke Verwendung und ist in der Sammlung stark überrepräsentiert. Arten des sekundären Genpools wurden hingegen mit nur 354 Mustern angegeben. Es handelt sich um tetraploide Arten mit AC-Genom und begrenztem Verbreitungsgebiet vor allem in Spanien und Marokko. Arten wie *A. magna* und *A. murphyi* sind von großem Interesse, da sie für Wildarten untypisch hohe Kornmassen mit hohen Protein- und Fettgehalten verbinden (Welch und Legett 1997). Tetraploide Arten des tertiären Genpools (AA-, AB-Genom), vor allem der als Ungras weltweit verbreitete Barthafer (*A. barbata*) sind mit über 3000 Mustern gut repräsentiert. Diploide Wildarten sind mit 431 Mustern vertreten. Von der tetraploiden

Kulturform *A. abyssinica* wurden 615 Muster, vom diploiden *A.-strigosa*-Komplex 839 Muster gelistet. Beim Vergleich der aktuell in den Fragebogen erhobenen Zahlen mit Datenbanken zeigt sich eine steigende Repräsentanz von Wildarten.

Geographische Darstellungen zeigen eine auffällige Diskrepanz zwischen der geographischen Verteilung der Sammelorte wilder *Avena*-Arten und der Muster in *Ex-situ*-Sammlungen. Primäre Diversitätszentren der Gattung liegen rund um das Mittelmeer (Südeuropa, Nordafrika), im Nahen und Mittleren Osten. Der Ursprung einer Vielzahl von Mustern mit der größten Artenvielfalt liegt in dieser Region – vor allem in Marokko, Algerien und Spanien. Aus dem fruchtbaren Halbmond (Iran, Israel, Türkei) stammen vor allem hexaploide Arten. Die meisten dieser Muster werden in Nordamerika (Kanada, USA) und Nordeuropa (Russland, Großbritannien, Deutschland) gehalten (Tab.1a). Nur wenige Länder im primären Diversitätszentrum unterhalten bedeutende Sammlungen von *Avena*-Wildarten (Tab.1b). Beim Kulturhafer fallen bedeutende Herkunftsländer (Sitz der Züchteraktivitäten) hingegen weitgehend mit den Ländern mit bedeutenden Sammlungen zusammen.

Tab. 1: Bedeutende Sammlungen von genetischen Ressourcen des Hafers

	Anzahl Muster				Anzahl Arten
	Gesamt	Sandhafer	Saathafer	Wildverwandte	
a) Die fünf größten Sammlungen					
Kanada	27.247	474	11.622	15.151	29
USA	22.242	392	11.322	10.528	16
Russland	11.711	252	9.710	1.749	25
Deutschland	4.758	118	4.051	589	15
Australien	4.601	4	238	545	7
b) Bedeutende Sammlungen im Diversitätszentrum					
Israel	2.013	117	352	1.544	8
Marokko	690	-	63	627	14
Spanien	1.572	23	1.293	256	8
Türkei	805	-	492	313	5

Die Korrespondenzanalyse gruppiert die seltenen Arten *A. agadiriana*, *A. atlantica*, *A. damascena*, *A. magna*, *A. murphyi* mit Ursprungsländern Marokko, Syrien und Spanien abseits einer Punktelwolke mit den weit verbreiteten und in großen Genbanken gut repräsentierten Arten. Mit ihnen gruppiert sind die Sammlungen von INRA Marokko, IBERS Aberystwith, UK und INIA Spanien. Diese sind hinsichtlich Zusammensetzung und Repräsentanz seltener Arten einzigartig und bedürfen besonderer Aufmerksamkeit.

Literatur

Welch, R.W. und Leggett, J.M. (1997). Nitrogen content and oil composition of oat cultivars (*A. sativa*) and wild *Avena* species in relation to nitrogen fertility, yield and partitioning of assimilates. *Journal of Cereal Science*, 26, 105-120.

Erhöhung des Resistenzpotentials der Gerste (*Hordeum vulgare* L.) gegenüber *Rhynchosporium secalis* durch Nutzung genetischer Diversität

K. Hofmann, P. Greif*, C. Einfeldt**, J. Holzapfel***, M. Herz & G. Schweizer

Einleitung

Die durch den Pilz *Rhynchosporium secalis* verursachte Blattfleckenkrankheit führt bei Gerste zu erheblichen Ertrags- und Qualitätseinbußen. Der Züchtungsfortschritt hinsichtlich der Resistenz gegenüber diesem Pathogen liegt jedoch weit hinter den Möglichkeiten zurück, was auf den sehr kleinen Pool an Resistenzdonoren sowie den Mangel an diagnostischen Selektionsmarkern zurückzuführen ist. Ziel dieses Projektes ist es daher, die genetische Diversität bezüglich der Resistenz gegenüber *R. secalis* zu vergrößern.

Material und Methoden

Für das Projekt wurden fünf verschiedene Resistenzdonoren inter-nationaler Herkunft ausgewählt. Eine Übersicht gewährt Tabelle 1.

Die Phänotypisierung geschieht im Gewächshaus in einem gut

etablierten Biotest. Die Pflanzen werden im 3-Blattstadium inokuliert und zwei Wochen später bonitiert. Zur Validierung der Gewächshausdaten werden Feldversuche bei den kooperierenden Züchtern durchgeführt. Die Verteilung der Boniturdaten (Abb. 1-3) lässt Rückschlüsse auf die Anzahl der jeweils beteiligten Resistenzgene zu. Mit Hilfe kosegregrierender Marker wird überprüft, ob und welche *R.secalis*-Resistenzgene beteiligt sein können und welchen Anteil sie am Resistenzgeschehen erklären.

Ergebnisse und Diskussion

Die Resistenz im Donor CNE 145 (Abb. 1) wird durch das *Rrs1*-Resistenzgen bedingt. Die Population weist eine hohe Rekombinationsrate zwischen diesem Gen und bisher hierfür bekannten Markern auf, welche genutzt werden soll, um mittels AFLP-Poolscreening neue, enger gekoppelte Marker für dieses Gen zu entwickeln.

Tab. 1: Übersicht über die im Projekt verwendeten DH-Populationen

	DH	Resistenzdonor	Herkunft	a-Elter	Umfang
a	761	Clho 3515	Spanien	Steffi	78
b	757	Clho 1225	Äthiopien	Steffi	85
c	32783	CNE 145	Spanien	Beatrix	523
d	824	Escaldadura 15	Uruguay	Hendrix	167
e	186-188	Pewter	England	Hendrix	348

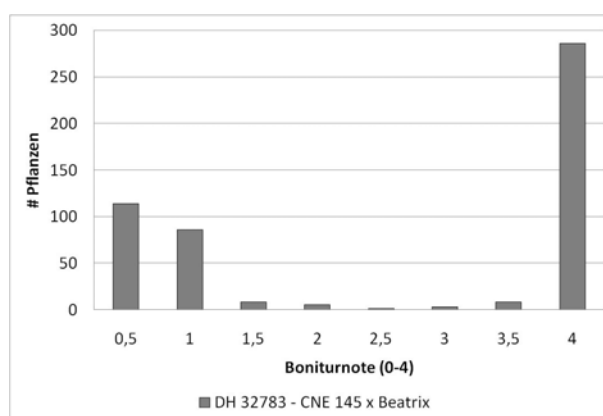


Abb. 1: Verteilung der Linien der DH-Population 32783 auf die GWH-Boniturnoten.

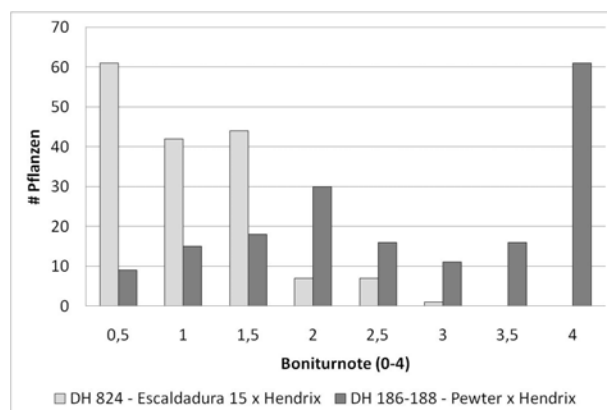


Abb. 2: Verteilung der Linien der DH-Populationen 824 und 186-188 auf die Boniturnoten.

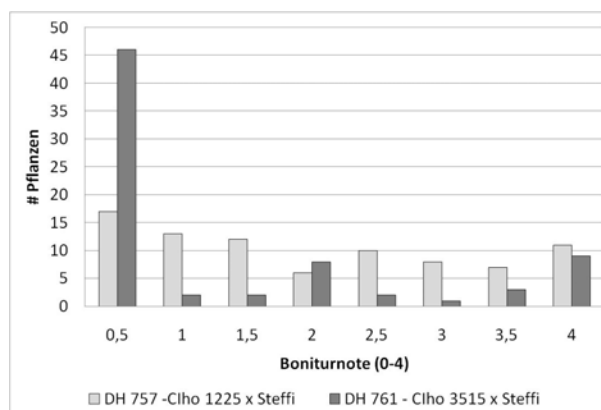


Abb. 3: Verteilung der Linien der DH-Populationen 757 und 761 auf die Boniturnoten.

Sowohl Escaldadura 15 als auch Pewter (Abb. 2) sind Träger des *Rrs2*-Genes. Die durch dieses Gen vermittelte Resistenz gilt als durchbrochen, was die schlechte Leistung der Pewter-Population zu bestätigen scheint. Die Landrasse Escaldadura 15 dagegen weist eine hoch effiziente Resistenz auf, es dürfte sich hier um ein anderes Allel des *Rrs2*-Locus handeln. Diese unterschiedliche Resistenzausprägung unterstreicht die Notwendigkeit von Markern, die eine allelspezifische Selektion ermöglichen.

Die Resistenz des Donors Clho 1225 (Abb. 3) ist bislang unbekannt. Hier muss zunächst geklärt werden, ob es sich um ein Majorgen oder eine quantitative Resistenz handelt.

Der Donor Clho 3515 (Abb. 3) ist Träger des *Rrs1*-Genes, die stark linksschiefe Verteilung der Population lässt auf ein zweites, noch unbekanntes Resistenzgen schließen. Um dieses zu identifizieren, wird ebenfalls über ein AFLP-Poolscreening nach kosegregierenden DNA-Fragmenten geforscht. Aus diesen Fragmenten sollen Marker entwickelt und diese in eine genetische Karte der Population integriert werden.

Ein langfristiges Ziel des Projektes ist es, für alle Resistenzgene diagnostische Selektionsmarker zu entwickeln. Mit Hilfe dieser Marker sollen über markergestützte Selektion die neu identifizierten Resistenzgene bzw. –Allele in adaptiertes Gerstenzuchtmaterial integriert werden.

Literatur

- Graner A, Tekauz A (1996) RFLP mapping of a dominant gene conferring resistance to scald (*Rhynchosporium secalis*). Theor Appl Genet 93:421-425
- Patil V, Bjørnstad Å, MacKey J (2003) Molecular mapping of a gene *Rrs4Cl11549* for resistance to barley scald (*Rhynchosporium secalis*). Molecular Breeding 12:169-183
- Scheizer G, Röder M, Hartl L, Baumer M (2002) Entwicklung und Anwendung molekularer Selektionsmarker für *Rhynchosporium secalis*-Resistenz bei Gerste. Vortr Pflanzenzüchtg 54:259-262.

Genomic Laboratory Information System (GLIMS) – eine Entwicklungsinitiative zum integrativen Management von PGR- Daten

C. Höhne, B. Hackauf, C. U. Germeier, M. Nachtigall, A. Henning & L. Frese

Einleitung

Ergänzend zur phänotypischen Charakterisierung pflanzengenetischer Ressourcen werden molekulare Marker genutzt, um Strukturen genetischer Vielfalt von Kulturpflanzen und verwandten Wildarten zu analysieren und genetische Grundlagen züchterisch relevanter Merkmale aufzuklären. Phänotypische und genotypische Daten sind gegenwärtig auf diverse Datencontainer verteilt. Ihre gemeinsame Nutzung und Weitergabe innerhalb und außerhalb von Forschungseinrichtungen sind dadurch erschwert. So ist beispielsweise am fruchtartspezifisch und querschnittsorientiert organisierten JKI die Weiterentwicklung der Datenmanagement-Infrastruktur für die Pflanzengenetik für eine wirksame und effiziente Erfüllung des Beratungsauftrages erforderlich. Pflichten zur Erfassung und Bereitstellung von Daten ergeben sich unter anderem aus dem Internationalen Vertrag zu pflanzengenetischen Ressourcen für Ernährung und Landwirtschaft (PGREL) und damit verbundenen Verpflichtungen. In der vorliegenden Studie stellen wir die Alpha-Version eines Genom-Labor-Informationssystems (GLIMS) vor, welches auf der Basis einer MySQL-Datenbank und einer Web-Anwendung entwickelt worden ist, um molekulare Markerdaten zu erfassen, zu dokumentieren und für die weitere Analyse verfügbar zu halten.

Material und Methoden

Die Auswahl der eingesetzten Technologien orientierte sich an Standards und Architekturen für E-Government-Anwendungen. Eine auf frei verfügbaren Java-Frameworks (JBoss Application Server, JSF, Hibernate, Seam) basierende Technologie (JEE5) wurde zur Entwicklung von Web-Anwendungen eingesetzt. Als Vorgehensmodell wurde die agile Software-Entwicklung gewählt. Für die notwendige enge Zusammenarbeit zwischen Informations- und Fachwissenschaftlern wurde eine web-basierte Kommunikationsplattform mit Dokumentationen, einem Fehlermeldesystem (Bugzilla) und einem Code- und Versionsmanagement (Subversion) für die verteilte, standortübergreifende Software-Entwicklung eingerichtet. Der Prototyp eines Informationssystems für molekulare Daten wurde zunächst am Standort Groß-Lüsewitz für Arbeiten am Roggen etabliert. Er wird derzeit in Quedlinburg an spezifische Anforderungen von Arbeiten an Kartoffeln und Beta-Rüben angepasst.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt Module und die Vorgehensweise im GLIMS. Administrative Aufgaben umfassen das Anlegen grundlegender Objekte wie Methoden, Populationen, Reagenzien, Mikrotiterplatten etc. Diese werden mit Hilfe der Anwendung zu Experimenten, Analysen und Protokollen assembliert. Festgelegte Arbeitsanweisungen können als Methoden hinterlegt werden. Gegenwärtig werden STS-, AFLP-, RAPD- und Hybridisierungs-Anwendungen unterstützt. Das Editieren von Methoden, Experimenten und Analysen und das generierbare Laborprotokoll werden in Bildschirmfotos dargestellt.

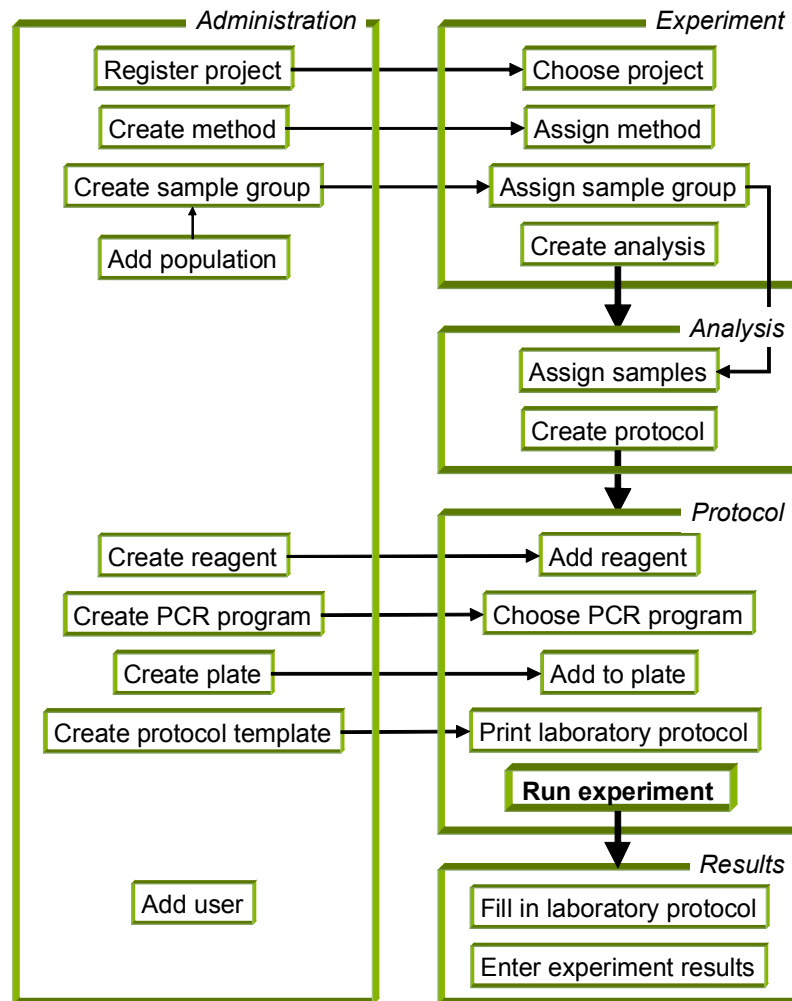


Abb.1: Module und Informationsfluss im GLIMS

Neben dem Erwerb kommerzieller Systeme für Routineaufgaben setzt das JKI auf die Entwicklung eigener Anwendungssoftware. Nur so können langfristig Datenbestände aus verschiedenen Bereichen zusammengeführt und auf flexible Weise den sich dynamisch entwickelnden Anforderungen der Wissenschaftler mit kreativen Softwarelösungen begegnet werden. Mittelfristig stellt diese Strategie auch eine kostengünstige Alternative im Vergleich zu kommerziellen Produkten dar, weil Synergieeffekte genutzt werden können, die sich aus dem Grundsatz des wechselseitigen Nutzens ergeben, der hinsichtlich gemeinsam entwickelter und öffentlich verfügbar gemachter Software in der Open Source Community gilt. Die Entwicklung nutzerspezifischer Anwendungen ist ohne kritische Analyse bisher üblicher Arbeitsabläufe durch den Nutzer nicht denkbar. Diese Investition in die Produktentwicklung wird durch den Erkenntnisgewinn (Ontologien) und die Verfahrensoptimierung in der eigenen wissenschaftlichen Praxis kompensiert.

Genetische Kartierung Isolat-spezifischer Resistenzen gegen *Mycosphaerella graminicola* in Winterweizen

C. Kelm, W. E. Weber & B. Saal

Einleitung

Mycosphaerella graminicola, Erreger der Septoria-Blattdürre (STB) in Weizen verursacht weltweit signifikante Ertragsverluste und ist die in Deutschland am häufigsten vorkommende Blattkrankheit. Es sind bereits 15 Resistenzgene (*Stb*) gegen STB sowie QTL durch die Analyse mit Einzelisolaten kartiert worden. Ziel der Arbeit ist die Entwicklung von Genotypen mit verbesserter Resistenz gegen die Septoria-Blattdürre. Mittels QTL-Kartierung soll die Vererbung der Resistenz in einer DH-Population aus einer Kreuzung der Sorten Solitär und Mazurka analysiert werden.

Material und Methoden

Solitär (resistent im Feld) und Mazurka (anfällig im Feld) dienten als Kreuzungspartner für die DH-Population. Zur Identifizierung von Resistenzgenen wurde ein Pathogenitätstest der beiden Eltern im Plant Research International, Wageningen (NL) mit 20 *M. graminicola* Isolaten von *Triticum aestivum* aus 13 Ländern in 3 Wiederholungen an Keimpflanzen durchgeführt. Die nekrotisierte Blattfläche und die mit Pyknidien besetzte Blattfläche wurde als Mittel von 10 Pflanzen in Prozent bestimmt sowie die Fläche unter der Befallsverlaufskurve (AUDPC) in einem Zeitraum von 21 Tagen nach der Infektion errechnet. Vier differenzierende Isolate (IPO90015, IPO99015, IPO92034, IPO323) wurden zur Testung an 128 DH-Linien im Keimpflanzenstadium (Spalt- bzw. Blockanlage bei IPO323) ausgewählt. Im Adultpflanzentest (n=115) erfolgte die Infektion nur mit IPO323 im Feld.

Zur Erstellung der genetischen Karte (MAPMAKER exp. 3.0, Kosambifunktion) dienten SSR- (IPK Gatersleben; Wheat Microsatellite Consortium; BARC, Beltsville; NRA Clermont-Ferrand) und AFLP- Marker (EcoRI (PstI)/ MseI-Primerkombinationen). SSR-Marker der ITMI-Population wurden als Anker für die DH-Population verwendet. Mittels Intervall-Kartierung wurden Einzel-QTL (R/QTL-Software) als Major-QTL (LOD \geq 15, zweiteiliges Modell) und Minor-QTL (LOD Schwellenwert bis LOD < 10, Normalverteilungsmodell) analysiert.

Ergebnisse und Diskussion

Im Pathogenitätstest der Kreuzungseltern zeigte Solitär gegenüber Mazurka im Mittel über alle Isolate einen geringeren Befall (Abb.1). Elf Isolate konnten die beiden Sorten gut differenzieren, von denen vier Isolate für den Resistenztest der DH-Linien ausgewählt wurden - IPO90015 (Mazurka als Resistenzträger); IPO99015, IPO92034, IPO323 (Solitär als Resistenzträger). In der Varianzanalyse deutete eine signifikante Genotyp x Isolat Wechselwirkung auf isolat-spezifische Resistenz hin und machte damit eine QTL-Auswertung auf Basis der Einzel-Isolate erforderlich.

Die aus 119 SSR- und 120 AFLP-Markern bestehende Kopplungskarte der DH-Population deckt das Genom nur unvollständig ab (1956 cM) wobei Chromosom 4D noch nicht mit Markern besetzt werden konnte.

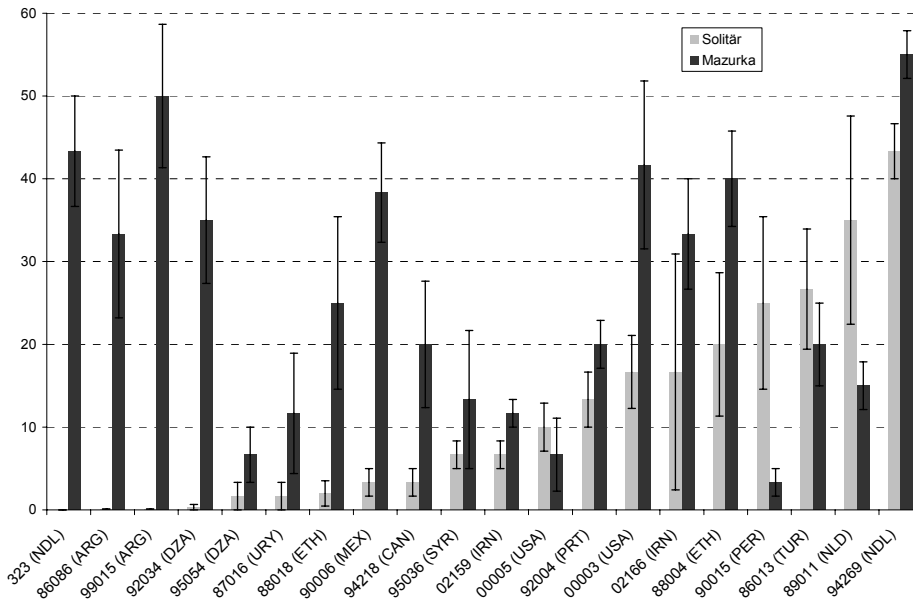


Abb.1: Mittelwerte \pm Standardfehler der mit Pyknidien besetzten Blattfläche (%) von Solitär und Mazurka im Pathogenitätstest mit 20 *M. graminicola* - Isolaten

Isolat	QTL	LOD (MW)	% erklärte phenotyp. Varianz	nächstgelegener Marker	bekanntes Resistenzgen
IPO90015	<i>QStb.4AL.a</i>	25.3 (P)	59.7	Xwmc313	<i>Stb7, Stb12</i>
		31.2 (N)	67.3	Xwmc313	<i>Stb7, Stb12</i>
IPO99015	<i>QStb.1B.a</i>	16.6 (P)	45.0	Xgwm752_1B	<i>Stb11</i>
		19.2 (N)	49.4	Xgwm752_1B	<i>Stb11</i>
	<i>QStb.7DS</i>	4.0 (P)	13.6	Xgwm350_7D	<i>Stb4 (?)</i>
	<i>QStb.3DS</i>	3.8 (N)	12.6	Xgwm350_7D	<i>Stb4 (?)</i>
		5.0 (P)	16.5	Xcfd79_3D	?
4.5 (N)	14.9	Xcfd79_3D	?		
IPO92034	<i>QStb.3B</i>	7.0 (P)	22.2	E35M52_129	<i>Stb2 (?), Stb14 (?)</i>
		<i>QStb.6B</i>	3.6 (P)	12.1	E40M61_199
	<i>QStb.1B.b</i>	3.4 (N)	11.4	E40M61_199	?
		5.3 (N)	17.4	Xgwm752_1B	<i>Stb11</i>
IPO323	<i>QStb.3AS</i>	31.5 (P)	67.8	Xgwm369	<i>Stb6</i>
		34.5 (N)	71.1	Xgwm369	<i>Stb6</i>
		17.0 (A)	45.8	Xgwm369	<i>Stb6</i>
	<i>QStb.4AL.b</i>	6.3 (P)	20.3	Xwmc313	?
		5.8 (N)	18.7	Xwmc313	?

Tab.1: Major- und Minor-QTL der Solitär x Mazurka DH-Population, erklärte phänotypische Varianz einschließlich zugeordnetem Marker und bekannten Resistenzgenen

Drei Major-QTL wurden auf den Chromosomen 4AL (IPO90015), 1B (IPO99015) und 3AS (IPO323) für die Resistenz auf Basis der Bonitur der Pyknidien und Nekrosen kartiert (Tab.1). Für die Ausprägung von Nekrosen und Pyknidien nach Infektion mit IPO92034 sind unterschiedliche Minor-QTL auf den Chromosomen 3B, 6B und 1B verantwortlich. Die Resistenz gegen IPO323 beruht auf *Stb6*, ein Resistenzgen, das in Weizensorten weltweit identifiziert werden konnte. Es verleiht im Test der DH-Linien sowohl Keimlings- als auch Adultpflanzenresistenz. Das Resistenzgen gegen IPO90015 (*Stb7* oder *Stb12*) ist nicht effektiv, da Mazurka im Feld als anfällige Sorte eingestuft wird. Chromosom 4AL trägt zwei unterschiedliche QTL. Diese bedingen Resistenz in Solitär (*QStb.4AL.b*; IPO323) bzw. Mazurka (*QStb.4AL.a*; IPO90015). Solitär als resistenter Elter der DH-Population besitzt mindestens zwei Resistenzgene: *Stb6*, eventuell *Stb11* sowie mehrere Minor-QTL auf verschiedenen Chromosomen

Beurteilung der genetischen Diversität für Blühzeit-Loci in Weizenlinien mittels molekularer Marker

A. Kunert, G. Wenzel*, C. C. Schön & M. Schmolke

Einleitung

Dieses BMBF-geförderte „klimazwei“-Projekt befasst sich mit der züchterischen Anpassung des Kulturweizens an den abiotischen Stresskomplex Dürre/Hitze. Zu den wichtigsten Mechanismen zur Vermeidung von Wasser- und Hitzestress gehört das Abreifen der Pflanzen vor Einsetzen der Hitze-/Trockenperiode. Es wird daher das genetische Potential zur Blühzeitverfrühung von Weizen evaluiert, welcher eine große Variabilität in Bezug auf den Blühzeitpunkt aufweist und damit eine Anpassung an die unterschiedlichsten Regionen weltweit bietet (u.a. Van Beem *et al.* 2005). Das genetische Potential der in Deutschland nicht adaptierten Linien soll über Kreuzungen zunächst in die deutschen Sommerweizensorten eingebracht und anschließend im neuen genetischen Hintergrund phänotypisch und molekulargenetisch untersucht werden. Zu diesem Zweck wurden Doppel-Haploide (DH)-Kartierungspopulationen entwickelt. Die Induktion der Blüte und die weitere Differenzierung der Blühentwicklung sind äußerst vielschichtige Vorgänge. In der Regel sind für diese komplexen Eigenschaften neben mehr oder weniger zahlreichen Minorgen auch stärker wirkende Allele verantwortlich. Durch den Einsatz molekularer Marker, die eine enge Kopplung zu den Zielgenen aufweisen, kann der Selektionsprozess von geeigneten Allelen beschleunigt werden.

Material und Methoden

Es wurden 174 Sommerweizen-Linien aus aller Welt einschließlich deutscher Sorten für eine Untersuchung der Blühzeitloci ausgewählt, welche u.a. die potentiellen Kreuzungseltern zur Erzeugung von DH-Kartierungspopulationen sind. Dieses Diversity panel wurde im Feldversuch 2008 in zwei Wiederholungen an zwei Standorten auf den Blühzeitpunkt und andere agronomische Merkmale untersucht. Weitere Feldversuche werden 2009 folgen. Zusätzlich wurden die Weizenlinien molekulargenetisch mit SSR-Markern und mit PCR-basierten Markern für die dominanten und rezessiven Vernalisationsgene (*Vrn-A1*, *Vrn-B1*, *Vrn-D1*) und die Gene für reduzierte Wuchshöhe *Rht-B1* und *Rht-D1* untersucht.

Ergebnisse und Diskussion

Obwohl die nicht-adaptierten Weizenlinien in ihren Ursprungsländern früh blühen, war über ihr Blühverhalten unter den klimatischen Bedingungen in Deutschland noch nichts bekannt. Das Diversity panel, das unter Feldbedingungen in Bayern angebaut wurde, zeigte eine Variation im Blühzeitpunkt von 38 Tagen. Die durchschnittliche Dauer der Tage bis zur Blüte lag bei 71 Tagen, während die deutschen Sorten, die für einen Vergleich dem übrigen Panel gegenübergestellt wurden, 75 Tage brauchten (Abb 1). Die SSR-Markeranalyse aller 174 Sommerweizen ergab 635 verschiedene Allele an 52 Loci. Im Durchschnitt wurden 12,7 Allele pro Locus detektiert, mit einem Minimum von 2 Allelen pro Locus und einem Maximum von 30 Allelen pro Locus. Die Bestimmung der genetischen Ähnlichkeit, mit SSR-Markern aus Genregionen mit

Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Am Hochanger 4, 85350 Freising

* Technische Universität München, Wissenschaftszentrum Weihenstephan, Alte Akademie 8, 85354 Freising

bekanntem Einfluss auf den Blühzeitpunkt (*Vrn*, *Ppd*), ergab ein separates Cluster der Weizenlinien aus Zentral- und Nordeuropa.

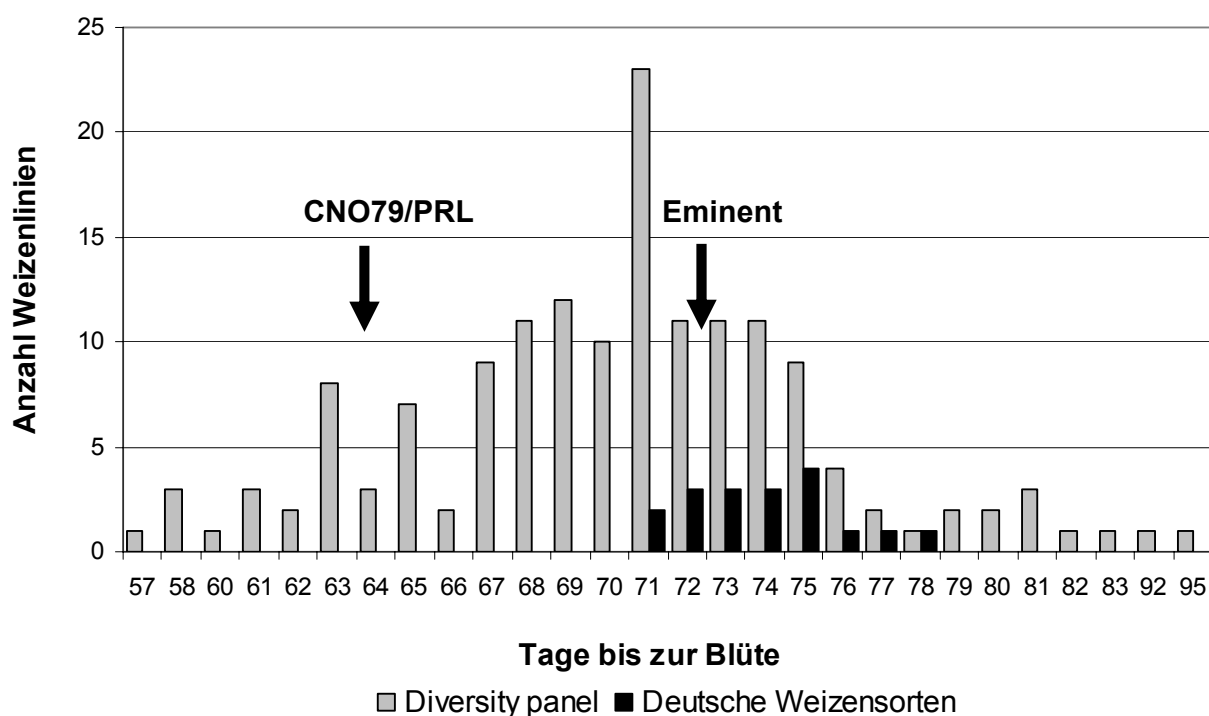


Abb 1: Variation im Blühzeitpunkt von insgesamt 174 Sommerweizen.

Die Pfeile zeigen die Eltern einer DH-Population.

Aus dem Weizensortiment wurden deutsche Sorten und nicht-adaptierte Weizenlinien als Kreuzungseltern zur Erzeugung von DH-Populationen ausgewählt. Als Beispiel sind die Eltern einer der DH-Populationen abgebildet (Abb 1). Diese zeigen deutliche Unterschiede hinsichtlich des Blühzeitpunkts und der genetischen Ähnlichkeit.

Die Verrechnung der phänotypischen und genotypischen Daten erlaubt eine genauere Beurteilung der Allel-Leistung in Hinblick auf den Blühzeitpunkt und andere agronomische Merkmale. Das Hauptziel ist es zu klären, ob Allele für eine frühe Blüte aus nicht-adaptierten Weizen die Leistung der deutschen Weizensorten unter zunehmender Frühsommertrockenheit verbessern können.

Literatur

Van Beem, J.; V. Mohler, R. Lukmann, M. van Ginkel, M. William, J. Crossa, und A.J. Worland 2005: Analysis of Genetic Factors Influencing the Developmental Rate of Globally Important CIMMYT Wheat Cultivars. *Crop Science* 45: 2113-2119.

Untersuchungen zur Ertragsstruktur, Blütenbildung und Kornentwicklung bei 2 Genotypen von Körneramarant (*Amaranthus ssp.*)

B. Roitner-Schobesberger, G. Dobos*, D. M. Gimplinger
& H.-P. Kaul

Einleitung

Die Pseudogetreideart Körneramarant ist eine trockenheitstolerante C₄-Pflanze, deren Korn sich durch ernährungsphysiologisch wertvolle Inhaltsstoffe auszeichnet. Der im Vergleich zu Getreide geringe Kornertrag und die unregelmäßige Abreife sind allerdings Herausforderungen, die noch bearbeitet werden müssen.

Die Blütenstände von Amarant bestehen aus unzähligen Einzelblüten, die zu Blütenknäueln (= Glomeruli) zusammengefasst sind. Die ungeklärte Frage dabei ist, wie viele und welche der angelegten Blüten ein verwertbares Korn entwickeln.

Ziel eines Feldexperimentes war es daher, qualitative und quantitative Aspekte der Blühbiologie und Kornentwicklung bei den zwei Genotypen „Amar“ und „Neuer Typ“ zu erfassen und Aufschluss über deren Bedeutung für den Kornertrag zu erhalten. Dazu wurde die Entwicklung von Blüten zu Samen an einzelnen Blütenständen über den Entwicklungsverlauf quantifiziert.

Material und Methoden

An der Versuchswirtschaft der Universität für Bodenkultur wurde 2007 am Standort Raasdorf ein Feldversuch mit den beiden Amarant-Zuchtstämmen „Amar“ (*A. cruentus*) und „Neuer Typ“ (*A. hypochondriacus*) des Züchters Dr. G. Dobos (ZENO PROJEKTE) durchgeführt. Der Versuch wurde als Blockanlage mit zwei Wiederholungen angelegt. Die Bestandesdichte von 35 Pflanzen pro m² bei einem Reihenabstand von 37,5 cm wurde durch händisches Vereinzeln erstellt.

Ab Blühbeginn wurden im Abstand von 5-7 Tagen jeweils zwei Blütenstände pro Parzelle entnommen und die Zusammensetzung einzelner Blütenknäuel an drei Positionen der Infloreszenz (Basis, Mitte und 1 cm vor Ende der Infloreszenz) untersucht. Bestimmt wurde die Anzahl an männlichen Blüten, weiblichen Blüten, Körnern wässrig bis milchreif, Körnern Teigreife bis reif und leeren Blüten bzw. verkümmerten Körnern.

Die Parzellen wurden zur Kornreife händisch beerntet (ca. 0,65 m²). Biomasse- und Kornertrag sowie das Tausendkorngewicht wurden bestimmt, die Kornzahl pro Pflanze wurde errechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Die züchterisch noch wenig bearbeitete Kulturpflanze Körneramarant ist durch unregelmäßige Abreife und indeterminiertes Wachstum gekennzeichnet. Die Analyse der einzelnen Blütenknäuel ergab bei beiden Genotypen ein gemeinsames Vorkommen von Blüten und Körnern in verschiedenen Reifestadien. Es zeigte sich, dass über den ganzen Fruchtstand verteilt ständig neue Blüten gebildet wurden.

Beim „Neuen Typ“ erreichte trotz hoher Befruchtungsraten der Anteil von Körnern an der Gesamtzahl der generativen Anlagen eines Glomerulus nie mehr als 50%, „Amar“ erreichte mit bis zu 70% einen etwas höheren Anteil an Körnern (Abbildung 1). Der Anteil an verkümmerten Körnern nahm bei beiden Genotypen mit steigender Reife zu.

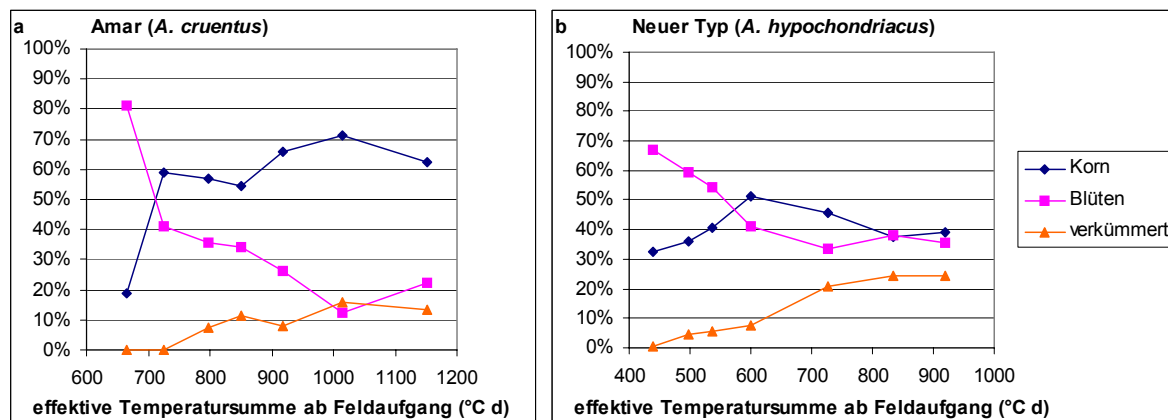


Abbildung 1: Anteile von Blüten, Körnern und verkümmerten Körnern an der Gesamtzahl der angelegten generativen Organe eines Glomerulus (Position Mitte) der Genotypen „Amar“ (a) und „Neuer Typ“ (b)

Auch im Aufbau des Blütenstandes waren Unterschiede zu beobachten. „Amar“ hat eine kompakte Infloreszenz, die aus vielen kleinen Seitenzweigen besteht, auf denen die Glomeruli sitzen. Die terminale Infloreszenz des „Neuen Typs“ hingegen ist kaum verzweigt und die Blütenknäuel sitzen direkt am Haupttrieb. Beim „Neuen Typ“ wiesen die einzelnen Glomeruli im Mittel 110 generative Organe auf, bei Amar wurden im Durchschnitt 25 generative Organe per Glomerulus gezählt.

Beim Genotyp „Amar“ waren Sprossmasse und Kornertrag wesentlich höher als beim „Neuen Typ“ (Tabelle 1). Bei Gimlinger et al. (2007) unterschieden sich diese beiden Zuchtstämme hinsichtlich ihres Kornertragsniveaus jedoch nicht.

Die beiden Genotypen unterschieden sich auch stark in ihrer Ertragsstruktur (Tabelle 1). Der „Neue Typ“ entwickelte relativ große Körner, aber eine geringere Kornzahl pro Pflanze. „Amar“ hingegen hatte ein sehr kleines Tausendkorngewicht, aber eine dreimal so hohe Kornzahl pro Pflanze wie der „Neue Typ“.

Tabelle 1: Ertragsstruktur in Abhängigkeit vom Zuchtstamm

Genotyp	Korn (g TM m ⁻²)	Spross (g TM m ⁻²)	Blütenstand (g TM m ⁻²)	TKG (g TM)	Kornzahl/Pflanze
Amar	524,8	1734,6	1030,3	0,60	34.420
Neuer Typ	309,3	1118,0	821,8	0,99	11.190

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass eine starke genotypische Variabilität hinsichtlich der Blütenstandsmorphologie vorliegt. Auch konnte eine ständige Blütenneubildung und dadurch bedingte inhomogene Abreife schon auf Ebene der Blütenknäuel beobachtet werden. Die getesteten Zuchtstämme unterschieden sich auch in ihrer Ertragsstruktur.

Literatur

Gimlinger, D. M., G. Dobos, R. Schönlechner und H.-P. Kaul 2007: Yield and quality of grain amaranth (*Amaranthus sp.*) in Eastern Austria. PLANT SOIL ENVIRON, 53, 105-112

Selektion von Introgressionslinien in Sommergerste mit dem Ziel der Verifikation von QTLs für agronomische Merkmale und Krankheitsresistenzen

I. Schmalenbach & K. Pillen*

Im Rahmen des GABI-Malt-Projektes wurde ein Set von 76 Wildgerste-Introgressionslinien (S42ILs) aus der Sommergerstenpopulation S42 entwickelt. Die Linien wurden durch Rückkreuzung mit dem rekurrenten Elter Scarlett, mehrfache Selbstung und eine parallel durchgeführte markergestützte Selektion erstellt. Jede S42IL trägt ein einzelnes, marker-definiertes Segment des Wildelters ISR42-8 (*Hordeum vulgare* ssp. *spontaneum*), während der restliche Teil des Genoms einheitlich vom Kulturelter (*H. vulgare* ssp. *vulgare*) stammt. Basierend auf einer Chromosomenkarte mit 98 SSR-Markern, deckt das S42IL-Set insgesamt 86,6 % (1041,5 cM) des Wildeltermgenoms ab. Die exotische Introgression hat eine durchschnittliche Größe von 41,2 cM und der durchschnittliche Anteil des Wildeltermgenoms beträgt 3,4 %.

Insgesamt 39 S42ILs wurden im Jahr 2007 in einem dreiertigen Feldversuch im Hinblick auf ihre agronomische Leistung und ihre Resistenz gegen Mehltau (*Blumeria graminis* f. sp. *hordei* L.) und Zwergrost (*Puccinia hordei* L.) untersucht (Schmalenbach et al. 2008a). Anschließend wurde eine Linie x Phänotyp-Assoziationsstudie durchgeführt, in der die Leistung jeder S42IL mit der Leistung des rekurrenten Elters als Kontrolle auf signifikante Unterschiede hin geprüft wurde. Für die untersuchten zehn Merkmale konnten insgesamt 68 QTLs detektiert werden, wovon 28 QTLs (41,2 %) einen vorteilhaften Effekt der Wildgerstenintrogression auf das jeweilige Merkmal aufwiesen. Mit Hilfe dieser QTL-Daten konnten 47,5 % aller QTLs und 57,7 % der QTLs mit einem vorteilhaften Wildeltereffekt der Population S42 (von Korff et al. 2005, 2006) verifiziert werden. Zusätzlich zu den verifizierten QTL-Effekten wurden 22 neue QTLs mit Hilfe der S42ILs lokalisiert. Weiterhin wurden mehrere Linien identifiziert, die multiple vorteilhafte QTL-Effekte aufwiesen (Schmalenbach et al. 2008b). Diese S42ILs stellen eine wertvolle genetische Ressource für die Züchtung von verbesserten Elite-Sorten dar. Zukünftige Ziele sind die Komplettierung des S42IL-Sets, eine genaue Charakterisierung der S42ILs auf DNA-Ebene und die Erhebung weiterer Phänotypdaten im Hinblick auf die vorgestellten Merkmale, Malzqualität und abiotischen Stress. Weiterhin werden S42ILs mit kleineren Introgressionen entwickelt, die als Ausgangspunkt für die Feinkartierung vielversprechender QTLs und kartengestützter Klonierungsprojekte dienen werden.

Literatur:

- Schmalenbach I, Körber N, Pillen K (2008a) Selecting a set of wild barley introgression lines and verification of QTL effects for resistance to powdery mildew and leaf rust. *Theor Appl Genet* 117:1093-1106
- Schmalenbach I, Léon J, Pillen K (2008b) Identification and verification of QTLs for agronomic traits using wild barley introgression lines. *Theor Appl Genet* (DOI 10.1007/s00122-008-0915-z)

- von Korff M, Wang H, Leon J, Pillen K (2005) AB-QTL analysis in spring barley. I. Detection of resistance genes against powdery mildew, leaf rust and scald introgressed from wild barley. *Theor Appl Genet* 111:583-590
- von Korff M, Wang H, Leon J, Pillen K (2006) AB-QTL analysis in spring barley: II. Detection of favourable exotic alleles for agronomic traits introgressed from wild barley (*H. vulgare* ssp. *spontaneum*). *Theor Appl Genet* 112:1221-1231

Exploring early vigour of Swiss maize landraces

D. Schneider, P. Stamp & M. Liedgens*

Introduction

Utilization of the rich genetic pool in Swiss maize landraces (Eschholz et al., 2006) is highly desirable for broadening biodiversity in agricultural fields. Its utilization, however, depends on the identification of interesting agronomic traits. It is reasonable to assume that they will perform best under marginal environmental conditions, because these landraces evolved over 400 years under traditional, extensive agriculture.

Some Swiss maize landraces outperform well adapted modern hybrids during early growth under low temperatures (Peter et al., 2006). However, it is not yet known whether landraces are more tolerant to weed pressure. This assumption is legitimate since landraces were evolved before the widespread usages of herbicides in agriculture. Thus, the goal of the present study is to investigate whether Swiss maize landraces are superior to a modern maize hybrid under weed pressure.

Material and Methods

Four maize genotypes were tested: the two landraces 103RV and 125PV from the lower Rhine valley and from the Puschlav valley, respectively, and two modern hybrids: Magister (Syngenta Seeds AG, Basel, CH), well known for its superior early vigour, and DK 287 (DeKalb Genetics Corp., Dekalb, IL, USA) as a rather weak check with this regard.

In two field experiments, which varied in sowing date by approximately four weeks (Table 1), these four genotypes were analyzed for shoot growth (8 harvests) until about the 6-leaf stage. Treatments with or without weed competition, simulated by undersowing or not of English ryegrass (*Lolium perenne* L.), respectively, were compared. The ryegrass was sown at a seeding rate of 20 and 36 kg/ha, respectively by casting and subsequent rolling short after maize planting. The shoot on each plot within a 0.75m² area were harvested at each sampling date. Each experiment consisted of four completely randomized blocks.

Tab 1: Weather conditions during the two experiments.

Trial	Period	Daily air temperature			Sum ¹	Precipitation mm
		Mean	Minimum	Maximum		
1	28.4 - 16.6.2008	15.2	6.6	28.7	759.9	160.2
2	22.5 - 30.6.2008	18.0	6.6	32.6	721.0	110.8

¹ Base temperature: 8° C

Results and Discussion

The tested genotypes varied in the production of shoot biomass: by the 6-leaf stage Magister and 125PV produced the largest and smallest shoots, respectively, while the other two genotypes were intermediate. This identical ranking was observed in both experiments, but the differences were more pregnant during the second one. The superior early vigour of some Swiss maize landraces observed by Peter et al.

(2006) may have resulted under stronger cold stress than experienced in the present experiments.

During both experiments single cold spells separated the accumulation of shoot biomass into two distinctive growth phases (gap in growth traces). Growth was typically faster before the cold spell, as indicated by the steeper lines during the first of these two phases.

Before the cold spell it was not possible to observe any difference between the two weed competition treatments. This effect can be explained by the short time for the English ryegrass plants to establish and develop. This is further supported by the fact that after the cold spell it is possible to note that the shoot biomass increased less with weed pressure. Although the effect could be observed in both experiments, it was only significant during the first one, in which the plants of English ryegrass developed better. Contrary to our hypothesis, Swiss maize landraces did also not show any increased tolerance to weed competition when compared to the modern hybrids after the cold spell.

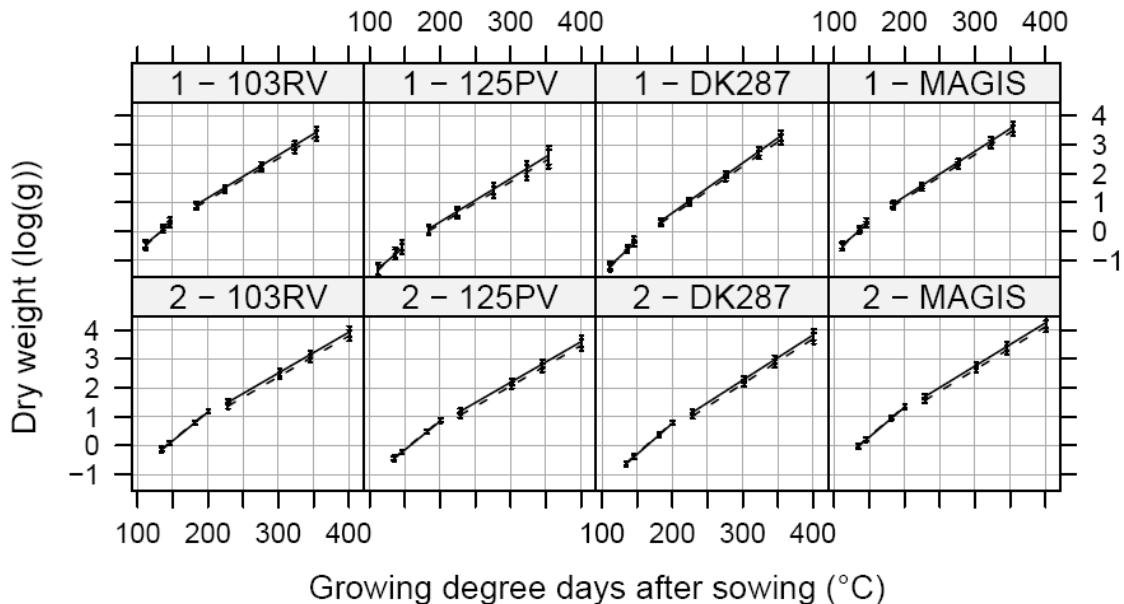


Fig 1: Early growth of some maize genotypes as affected by the presence (- - -) or not (—) of weed pressure.

Literature

Eschholz, T.W., R. Peter, P. Stamp, and A. Hund. 2006. Swiss Maize Landraces - Their Diversity and genetic Relationships. *Acta Agronomica Hungarica* 54:321-328.

Peter, R., T.W. Eschholz, P. Stamp, and M. Liedgens. 2006. Swiss maize landraces - early vigour adaptation to cool conditions. *Acta Agronomica Hungarica* 54:329-336

Einkornweizen als Modellobjekt der experimentellen Lehre

S. von Witzke-Ehbrecht & W. Link

Einleitung

Das Einkorn, *Triticum monococcum*, ist ein vermutlich vor über 10.000 Jahren im Karacadağ-Gebirge (südöstliche Türkei; Heun *et al.*, 1997; aber *cf.* Allaby and Brown, 2003 und *cf.* Salamini *et al.*, 2004) entstandenes diploides, bespelztes Kulturgetreide. Sein Genom hat eine sehr hohe Ähnlichkeit mit dem von *T. urartu*, einem Elter unseres Brotweizens. Einkorn ist mit Brotweizen kreuzbar. Die Varietät *T. monococcum sinskaje* (Genbank St. Petersburg) ist eine überwiegend freider-schende Variante. Es werden nur wenige hundert Hektar Einkorn in Deutschland angebaut; insbesondere für Mürbteiggebäcke (feiner Geschmacks, hoher Gelbpigmentgehalt).

Am DNPW in Göttingen ist Einkorn Hauptobjekt des Bachelor-Moduls „Experimentelle Pflanzenzüchtung“, und Gegenstand von Bachelor- und Masterarbeiten. Seit 1998 haben über 120 Studierende dieses Modul durchlaufen. Einkorn ist (1) eine eigenständige Kulturart, die hier durch züchterische Arbeit soweit verbessert werden soll, dass sie eine Nische besetzen kann und dadurch die genetische Diversität erweitert. Diese Arbeit ist Schutz und Inwertsetzung einer wichtigen genetischen Ressource. Einkorn ist (2) eine attraktive, mit einem positiven, mythischen Image ausgestattete Kulturpflanze. Seine Verbesserung ermöglicht uns, einem weiteren Kreis von Studierenden die Faszination der Getreidezüchtung nahe zu bringen.

Beim Einkorn tragen die Hüllspelzen unterseits starke und harte Kiele. Das Korn kann das Ährchen nur durch Zerbrechen der Hüllspelze verlassen, in der Deckspelze liegt es frei. Im *sinskaje*-Typ sind dagegen die Hüllspelzen größer, weicher („soft glume“), mit sehr schwachen Kielen. Beim Mähdrusch liegen 30 bis 40% der Körner frei vor, der Rest kommt nach leichter mechanischer Behandlung frei. „Soft glume“ vererbt sich monogen rezessiv (Taenzler *et al.*, 2002) und ist pleiotrop mit einer kompakteren Ähre und kürzeren Grannen verbunden. Einkorn ist überwiegend Weichselgetreide. In Göttingen wird es als Winterung bearbeitet. Das Ausgangsmaterial stammt überwiegend aus Genbanken. Zuchtziele sind Winterhärte, Standfestigkeit, Freidrusch (s.u.), hoher Carotin-Gehalt, Frühreife und gefälliges Aussehen. Die Zuchtziele werden mit den Studierenden diskutiert.

Der Zuchtgarten wird konventionell geführt; außer Herbizide werden keine Pestizide verwendet und es wird nicht gedüngt. Es wird Stammbaum-Züchtung durchgeführt. In F_2 werden stets zwei von vier Kreuzungen selektiert. Die F_3 bis F_5 -Linien werden dann visuell an 2m^2 -Parzellen bewertet. In F_3 werden 2, sonst nur 1 Pflanze pro Linie selektiert. Die Selektionsintensität ist $1/16$ in F_2 , zwischen Linien ist sie $1/4$ in F_3 und anschließend $1/2$. Etwa $7/8$ des Materials wird im Freidrusch-Typ entwickelt. Parallel zum Zuchtgarten läuft eine Leistungsprüfung mit etwa 50 Prüfgliedern ($r=2$, 6m^2 -Dreifachparzellen), die aktuelle und zukünftigen Kreuzungseltern und neuen Linien aus der eigenen Züchtung enthält.

Ergebnisse und Diskussion

Aus der Leistungsprüfung 2008 (Abbildung 1; Tabelle 1) ist zu erkennen, dass die neu gezüchteten freidreschenden Linien noch einen geringeren Ertrag zeigen als das bespelzte Material (14,0 dt/ha < 21,3 dt/ha). Verbesserte Linien sind inzwischen vorhanden. Das bespelzte Einkorn konnte im Ertrag mit den geprüften Dinkelsorten mithalten. Den höchsten Ertrag beim Einkorn hatte ‚Jelena‘ (26,7 dt/ha), beim Dinkel war es ‚Alkor‘ (26,0 dt/ha). In der Abbildung 1 sind einzeln benannt: Te=Terzino, Je=Jelena, Os= Ossi, sowie die Prüfglieder 14, 35, und zwei neue freidreschende Linien (F6/12, F7/8). Die weitere Arbeit wird zeigen, ob sich „Freidrusch“ verbessern und mit guten sonstigen agronomischen Eigenschaften verbinden lässt.

Tabelle 1: Mittelwerte (oben) und Standardfehler (unten) von 8 freidreschenden Einkorn- und 41 bespelzten Einkorn-Genotypen, sowie von drei Dinkel und vier Weizen-Sorten (2008, Reinshof; ohne N-Düngung, ohne Fungizide)

		Entspelzter Ertrag (dt/ha)	Spelzenanteil (%)	Ährenschieben (Tage)	Wuchshöhe (cm)
Einkorn	Freidrusch-Typ	14,0	19,8	157	101
		0,62	1,32	0,14	1,2
Einkorn	Bespelzter Typ	21,3	33,2	160	103
		0,27	0,58	0,06	0,5
Dinkel ^a	(bespelzt)	21,9	30,5	150	112
		1,02	2,26	0,23	1,9
Weizen ^b	(freidreschend)	33,2	2,1	151	84
		0,88	1,87	0,20	1,7

^aFranckenkorn, Alkor und Oberkulmer Rotkorn ^bTommi, Elvis, Bussard und Naturastar

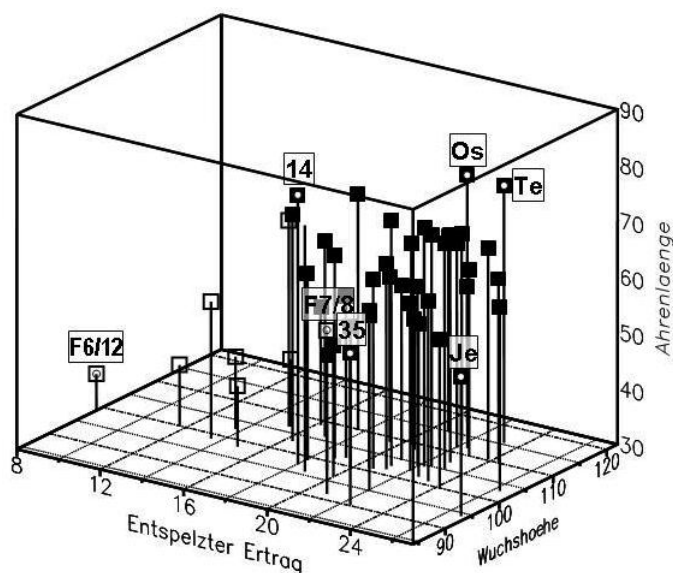


Abbildung 1: Ergebnisse der Leistungsprüfung 2008. Freidreschende Prüfglieder sind mit leeren Quadraten dargestellt, bespelzte mit gefüllten Quadraten (cf. Text).

Literatur

- Heun, M. et al., 1997: Site of Einkorn wheat domestication identified by DNA fingerprinting. *Science* 278: 1312-1314.
- Allaby, R.G., and T.A. Brown, 2003: AFLP data and the origins of domesticated crops. *Genome* 46: 448-453.
- Taenzler, B. et al., 2002: Molecular linkage map of Einkorn wheat: mapping of storage-protein and soft-glume genes and bread-making quality QTLs. *Genet. Res.* 80: 131-143.

Ertrag und Wassernutzung verschiedener Kartoffelgenotypen in Reaktion auf Trocken- und Hitzestress

C. Balkow & A. Giesemann*

Einleitung

Die Kartoffel gehört zu den Kulturarten, die schon heute sensitiv auf Trockenstressperioden reagieren. Weiterhin reduzieren hohe Temperaturen das Knollenwachstum und damit den Ertrag. Mit dem einsetzenden Klimawandel wird es auch in Mitteleuropa wahrscheinlicher, dass unsere Kulturpflanzen in der Vegetationszeit simultan Trocken- und Hitzestress ausgesetzt sind (Hijmans 2003). Diese Stressfaktoren wirken komplex auf die Pflanze und können sich dabei gegenseitig verstärken. Daher ist es für die Zukunft notwendig, sie nicht nur einzeln, sondern in ihrer wechselseitigen Wirkung auf die Pflanze zu untersuchen.

Material und Methoden

15 Kartoffelgenotypen der mittelfrühen Reifegruppe mit potentieller Variabilität in ihrer Trocken- und Hitzetoleranz wurden zu jeweils 15 Einzelpflanzen unter verschiedenen Umweltbedingungen (Kontrolle: 70% der maximalen Wasserkapazität des Bodens (WK), 22 °C/20 °C Tag/Nacht; Trockenstress: 35% WK, 22 °C/20 °C; Hitzestress: 70% WK, 32 °C/30 °C; Hitze- und Trockenstress: 35% WK, 32 °C/30 °C) im klimatisierten Gewächshaus kultiviert. Die Stressperiode setzte mit Beginn des Knollenansatzes ein. Der Wasserverbrauch wurde über die gesamte Vegetationszeit aufgezeichnet. Proben für die Bestimmung der ¹³C Diskriminierung wurden während der Stressphase bis zum Einsetzen der Abreife im wöchentlichen Abstand genommen. Für die Wassernutzungseffizienz (WUE) wurde der Ertrag in Relation zum Wasserverbrauch gesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Trockenstress bei normal-kühlen Temperaturen (22 °C/20 °C Tag/Nacht) verursachte bei Kartoffeln geringere Ertragsverluste als aus Versuchen im nicht klimatisierten Gewächshaus oder Rain out-Shelter zu erwarten war. Hitzestress führte dagegen bei den meisten Genotypen zu sehr deutlichen Ertragsdepressionen. Bei Trockenstress gelang es den Kartoffelgenotypen in beiden Temperaturregimen, die WUE mehr oder weniger zu steigern (siehe auch: FuLai et al. 2006). Bei Hitzestress hingegen nahm der Wasserverbrauch im Mittel deutlich zu und die WUE sank. Die höchste WUE bei Hitzestress wies die als hitzetolerant beschriebene ‚Norchip‘ auf (Abb. 1). Die $\delta^{13}\text{C}$ Werte im Blatt liefern ein integratives Maß für die WUE. Bei Trockenstress werden die Spaltöffnungen geschlossen und die Diskriminierung gegen ¹³C verringert sich. Bei Hitzestress und ausreichender Wasserversorgung hingegen sind die Spaltöffnungen weit offen, die Diskriminierung gegen ¹³C ist hoch. Somit werden im Vergleich zur Kontrolle die $\delta^{13}\text{C}$ Werte unter Trockenstress positiver, unter Hitzestress negativer. Die hohe Wassernutzungseffizienz von ‚Norchip‘ in den Trockenstressvarianten, vor allem auch bei Hitzestress spiegelt sich hier wieder (Abb. 2).

Enge Korrelationen ergaben sich innerhalb der Temperaturstufen zwischen den $\delta^{13}\text{C}$ Werten und der WUE (0,76* bei normalen Temperaturen; 0,71* bei Hitzestress) und der Wasserkonsumtion (-0,87**; -0,75*). Eine signifikante Korrelation zum Ertrag war nur in der normal-kühlen Temperaturstufe zu beobachten (-0,79*; 0,02).

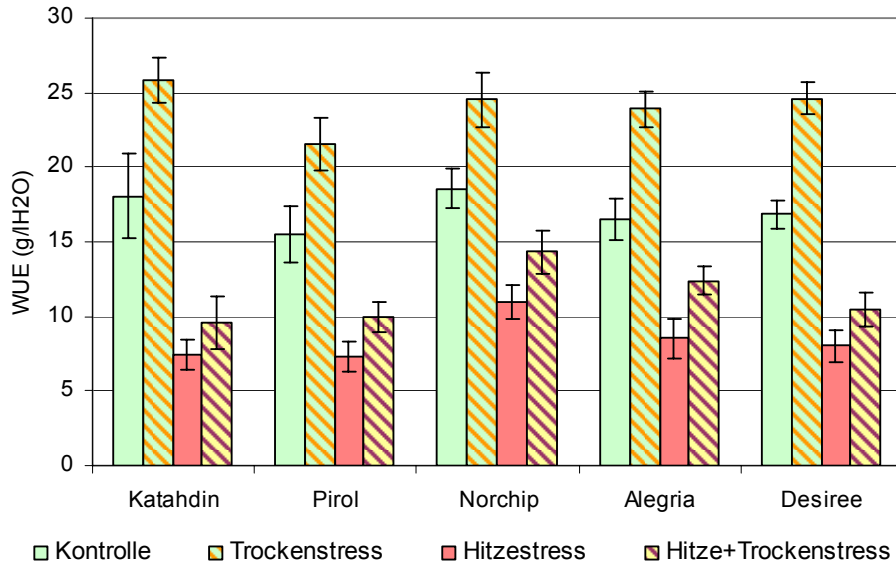


Abb. 1: Wassernutzungseffizienz von Kartoffelgenotypen im Gefäßversuch unter verschiedenen Stressbedingungen

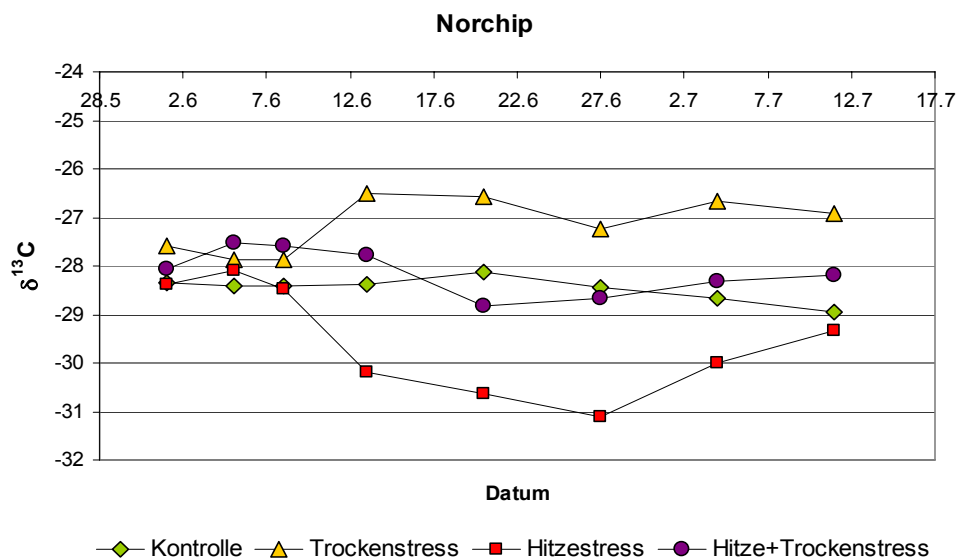


Abb. 2: $\delta^{13}\text{C}$ Werte in Blättern des hitzetoleranten Genotyps ‚Norchip‘ im Verlauf der Stressphase unter verschiedenen Stressbedingungen

Literatur

- Hijmans, R.J.: The effect of climate change on global potato production. Amer. J. of Potato Res. 80 (2003): 271-280
- FuLai, L.; Shahnazari, A.; Andersen, M. N.; Jacobsen, S. E.; Jensen, C. R.: Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. Scientia Horticulturae 109 (2006) 2: 113-117

Genetische Variation für den Blatt-Glucosinolatgehalt bei Raps

S. Cleemput & H. C. Becker

Einleitung

Ein zukünftiges Anwendungsgebiet von Raps könnte die Erzeugung von Methan für die Gewinnung von Bioenergie sein. Bis jetzt sorgt der hohe Schwefelgehalt im Raps dafür, dass er wenig geeignet ist als Energiepflanze. Glucosinolate sind eine der schwefelhaltigen Verbindungen und haben möglicherweise eine hemmende Wirkung auf Bakterien, welche für die Biogasproduktion verantwortlich sind. In dieser Arbeit wird die genetische Basis für den Inhalt an Glucosinolaten in dem Grünmaterial der Rapspflanze untersucht.

Material und Methoden

Im Feld wurden 8 Resynthesen und 4 Sorten angebaut. Im Frühjahr 2007, 2008 und im Sommer 2008 wurde jeweils das Grünmaterial und Samenmaterial geerntet. Das Grünmaterial wurde bei 55 °C getrocknet. Anschließend sind Blatt/Stängel und Samen mit HPLC (Thies 1979) analysiert worden.

Ergebnisse und Diskussion

Abbildung 1 zeigt einen Vergleich zwischen Blatt- und Stängel Material, Mittelwerte aus 2007 und 2008. Die Gesamtglucosinolatgehalte in Blättern und Stängeln sind hoch korreliert ($R^2=0,76$). Die Korrelationen des Glucosinolatgehaltes von Samen und Blättern ($R^2=0,21$) sowie von Samen und Stängel ($R^2=0,24$) sind deutlich niedriger.

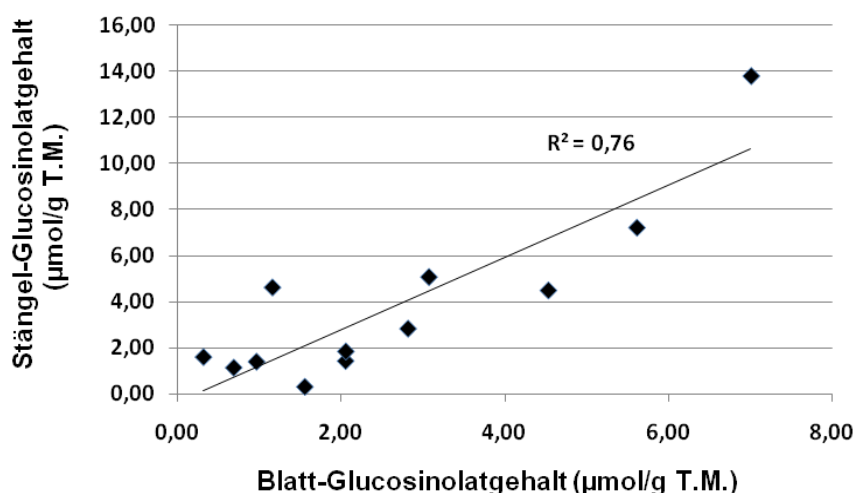


Abb.1: Korrelation zwischen den Glucosinolatgehalten in Blatt und Stängel

In Abbildung 2 werden die Gesamtwerte von 2007 und 2008 miteinander verglichen. Die Korrelation für die Blätter ($R^2=0,06$) und für die Stängel ($R^2=0,28$) ist nur gering.

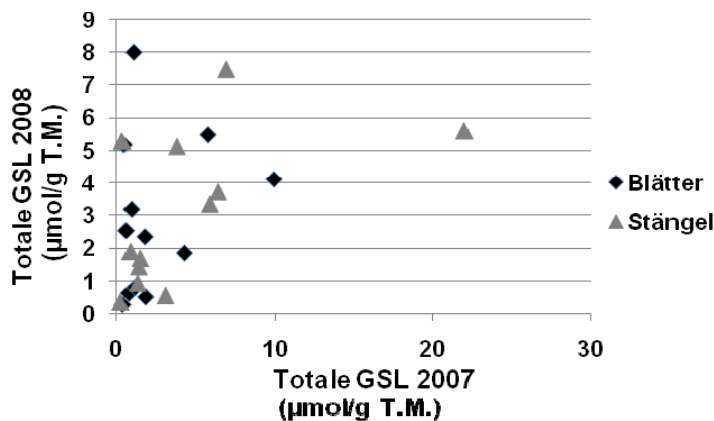


Abb. 2: Vergleich zwischen 2007 und 2008 für Blatt- und Stängelmateriale der 12 untersuchten Akzessionen

Die niedrigsten bzw. höchsten Blatt-Glucosinolatgehalte haben die Genotypen „Gaoyou“ (0,32 µmol/g T.M.) und „Sollux“ (7,01 µmol/g T.M.). Gaoyou (32,48 µmol/g T.M.) hat dabei einen niedrigeren Samen-Glucosinolatgehalt als Sollux (75,42 µmol/g T.M.). In 2007 ist der Blatt-Glucosinolatgehalt vom Genotyp H10 (Blatt=0,45µmol/g T.M.; Stängel=0,34 µmol/g T.M.) sehr viel niedriger als 2008 (Blatt=5,29; Stängel=2,91). Die Ursachen solcher Schwankungen werden weiter untersucht.

Die Zusammensetzung der einzelnen Alkenyl-Glucosinolate zeigt, dass Progoitrin in Samen(57%), Stängeln(51%) und Blättern(56%) am stärksten vertreten ist (Abb.3).

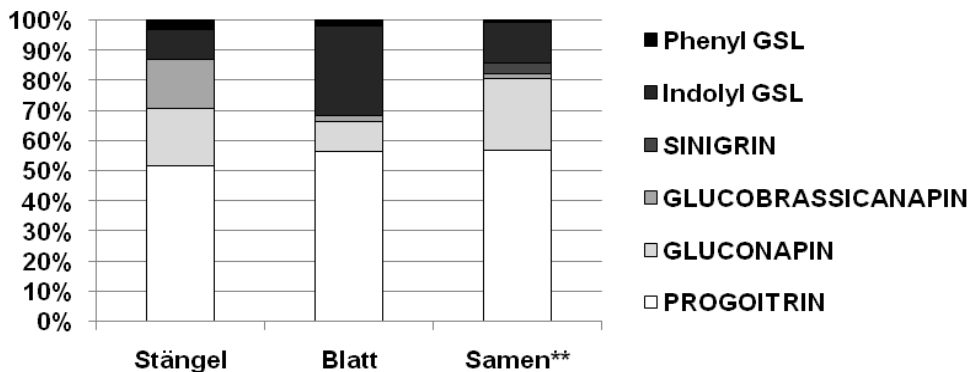


Abb. 3: Verteilung der Glucosinolatgruppen und Alkenyl-Glucosinolate in den Stängeln, Blättern und Samen. **Mittel 2007/2008, Samen nur 2007

Literatur

Thies, W. 1979. Quantitative analysis of glucosinolates after their enzymatic desulfatation on ion exchange columns. Proceedings of the 5th International Rapeseed Conference, Malmö Sweden, 136-139.

In-situ-Management pflanzengenetischer Ressourcen – vom Konzept zur Umsetzung

L. Frese, C. Germeier, M. Pinheiro de Carvalho*
& M. Nachtigall

Einleitung

Der Wert züchterisch erschlossener Eigenschaften von Wildarten für die Agrarwirtschaft liegt in der Größenordnung von mehreren Millionen US\$ jährlich (Frison und Atta-Krah, 2008). Insbesondere der Schutz von Wildarten, die mit unseren Kultur- und Nutzpflanzenarten verwandt sind (crop wild relatives, CWR), ist unzureichend organisiert.

Die Erhaltung von CWR in ihrer gesamten genetischen Vielfalt muss aus ökologischen Gründen vorrangig in ihrem natürlichen Lebensraum „in situ“ erfolgen. Aufgrund der verteilten politisch-administrativen Zuständigkeiten für die Erhaltung von CWR einerseits und dem Arten- und Lebensraumschutz andererseits kann dieses Ziel nur durch eine effektivere Zusammenarbeit zwischen Institutionen des Umweltschutzes und der Landwirtschaft erreicht werden. Dies ist eine der Zielsetzungen des EU-Vorhabens „An Integrated European In Situ Management Work Plan: Implementing Genetic Reserve and On Farm Concepts - AEGRO“ (Beginn 10/2007, Laufzeit 3 Jahre), das vom JKI koordiniert wird. Das Projektteam untersucht die Praxistauglichkeit des Konzeptes „genetisches Schutzgebiet“. Organisatorische, rechtliche und fachpraktische Aufgaben werden bearbeitet und die Einrichtung von Schutzgebieten am Beispiel der Gattungen *Avena*, *Beta*, *Brassica* und *Prunus* sowie Landsorten bis zur Umsetzungsreife vorbereitet.

Material und Methoden

Ein genetisches Schutzgebiet besteht aus einer definierten, meist innerhalb von Naturschutzgebieten gelegenen Teilfläche, in der Populationen von CWR aktiv bewirtschaftet werden. In Europa sind 15.656 Kulturpflanzenarten und mit ihnen verwandte Wildarten heimisch. Aus quantitativen Gründen können „Genetische Schutzgebiete“ als Erhaltungsverfahren nur in sorgsam begründeten Fällen zum Einsatz kommen. Die beiden wichtigsten Kriterien für die Prioritätensetzung und Artenauswahl sind: Gefährdung (Seltenheit, Endemie, genetische Erosion) einer Art und ihr ökonomischer Nutzen (Maxted et al., 2008).

Für die vier Gattungen wurden im Rahmen von AEGRO alle online verfügbaren Verbreitungsdaten aus nationalen und internationalen Informationssystemen in einer Datenbank zusammengeführt. Wegen der großen Heterogenität von Informationen zur Taxonomie und zum geographischen Vorkommen der Arten und Unterarten einer Gattung mussten die Daten strukturiert und aufgearbeitet werden. Erst danach wird eine Auswertung der Daten nach Taxon und Vorkommen möglich.

Erforderliche Entscheidungen für die Etablierung von genetischen Schutzgebieten werden nach dem 4-Schritt-Modell von Kell (AEGRO, Arbeitspaket 2) getroffen.

Die Einrichtung eines Schutzgebietes erfolgt nach dem Planungsmodell von Maxted et al., (2008). Der Aufbau des demographischen und genetischen Monitoring für Arten innerhalb eines genetischen Schutzgebietes folgt den Vorschlägen von Iriondo et al. (2008).

Institut für Züchtungsforschung an landwirtschaftlichen Kulturen (JKI), Erwin-Baur-Str. 27, 06484 Quedlinburg

* University of Madeira, Centre of Macaronesian Studies, 9000-390 Funchal, Portugal

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse werden anhand der Gattung *Beta* erläutert und diskutiert. Die Rohdaten enthielten 219 verschiedene Taxonbezeichnungen. Unter Berücksichtigung der Arbeiten von Letschert (1993) und Kadereit et al. (2006) wurde eine Arbeitstaxonomie gebildet. Über GBIF und andere Informationssysteme gelieferte Taxonbezeichnungen wurden den Taxa dieser Arbeitstaxonomie zugeordnet. Nach diesen vorbereitenden Arbeiten verblieben 15.275 Datensätze mit geographischen Angaben.

Die Vorkommenshäufigkeit eines Taxons innerhalb der geographischen Einheiten Europas kann als grober Schätzwert für den Gefährdungsgrad eines Taxons verwendet werden. Als Schwellenwert wurden 10 geographische Einheiten gewählt. Von den 11 *Beta*- und 3 *Patellifolia*-Taxa kommen neun in weniger als zehn geographischen Einheiten vor. Für sie sind vorrangig genetische Schutzgebiete zu planen. Die seltene und endemische Art *B. patula* ist ausschließlich auf Madeira anzutreffen. Sie ist ein ideales Fallbeispiel für die Darstellung der weiteren, für den Aufbau eines genetischen Schutzgebietes notwendigen Arbeitsschritte.

Die Universität von Madeira inventarisierte im Frühjahr 2008 Vorkommen dieser Art, ermittelte den Pflanzenbestand („demographische Grundlinie“) und entnahm entlang zweier Luftlinien georeferenzierte Einzelpflanzenblattproben, die über Silikagel getrocknet und konserviert an das JKI zwecks DNA-Extraktion gesendet wurden. Die noch laufenden SSR-Markeranalysen dienen der Ermittlung einer „genetischen Grundlinie“, ohne die die Bilanzierung der räumlichen und zeitlichen Veränderungen genetischer Diversität bei *B. patula* im Areal nicht möglich ist.

Während der Inventarisierung gemessene geographische Koordinaten musste der Partner manuell in eine Datenbank übertragen. Zur Erleichterung der Datenerfassung und Weiterverarbeitung entwickelte das JKI eine Testanwendung zur mobilen Datenerfassung unter Nutzung des Open Source Softwareproduktes CyberTracker. Es zeigte sich, dass dieses kostenlose Produkt für die Gestaltung sehr individueller, den Anforderungen einzelner Arten angepasster Anwendungen zur Erfassung georeferenzierter Daten unter Feldbedingungen geeignet ist.

Bereits nach Ablauf des ersten Projektjahres ist festzustellen, dass das Konzept des genetischen Schutzgebietes grundsätzlich umgesetzt werden kann. Das erforderliche Wissen und die Technologien sind vorhanden.

Literatur

- Frison, E. and K. Atta-Krah 2008: Crop Wild Relative Conservation and Use. Pp. xxiii – xxv. Cabi International.
- Iriondo, J. M.; Maxted, N. and M.E. Dulloo 2008: Conserving Plant Genetic Diversity in Protected Areas. Cabi International.
- Kadereit, G.; Hohmann, S. und J.W. Kadereit 2006: A synopsis of Chenopodiaceae subfam. Betoideae and notes on the taxonomy of *Beta*. Willdenowia 36, 9-19.
- Letschert, J.P.W. 1993: *Beta* section *Beta*: biogeographical patterns of variation, and taxonomy. PhD thesis, Wageningen University.
- Maxted, N.; Kell, S. und B.V. Ford-Lloyd 2008: Crop Wild Relative Conservation and Use. Pp. 3-30. Cabi International.

Einfluss von Trockenstress auf Wachstum, Proteinexpression und Osmolytanreicherung bei der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)

S. Fulda, H. Stegmann & R. Horn

Einleitung

Trockenstress führt zu erheblichen Ertragsverlusten bei der Sonnenblume. Aus diesem Grunde gehört die Züchtung trockenstresstoleranter Kulturarten zu den wichtigsten Präventionsmaßnahmen, um den negativen Auswirkungen einer fortschreitenden globalen Erwärmung begegnen zu können. Die Tatsache eines sehr komplexen Zusammenspiels zahlreicher Gene und Stoffwechselwege bei der Ausprägung von Trockenresistenzen und das mangelnde Verständnis beteiligter physiologischer Prozesse, erschweren diese züchterischen Bemühungen. Um die Anpassungsfähigkeit der Sonnenblume an Trockenstress Zeit, Platz und Kosten sparend analysieren zu können, nutzen wir ein *in-vitro*-Selektionssystem zur Analyse des Einflusses von Trockenstress auf das Wachstum, die Proteinexpression und die Osmolytanreicherung.

Material und Methoden

Samen von *Helianthus annuus* L. cv. Peredovick wurden nach einer Oberflächensterilisation in Hydrokultur auf MS-Flüssigmedium in Weckgläsern kultiviert (Klimakammer bei 21°C, 16-Stunden-Tag, 150 μM Photonenergie $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), wobei durch Zugabe der polymeren Verbindung Polyethylenglycol (PEG) 6000 Trockenstress simuliert wurde (Kontrolle/MS0: - 0,05 MPa, Trockenstress/MS6: -0,6 MPa). Drei Tage nach Ansatz der Versuche (vier Wiederholungen mit durchschnittlich 80-100 Keimlingen pro Medium) wurden die Keimlinge in frisches Kontrollmedium MS0 überführt bzw. auf das Trockenstressmedium MS6 umgesetzt. Nach insgesamt 10 Tagen erfolgte die Wachstumsbonitur (Messung der Hypokotylllänge in cm, Bonitur der Entwicklung von Kotyledonen und Primärblättern durch Abschätzung der Blattfläche mit einer Skala von 1-6) und Probenahme von Primärblättern für die Gewinnung von Proteinextrakten und Osmolytextrakten. Die Proteintrennung erfolgte mit Hilfe der 2D-PAGE, anschließend wurden die Gele Coomassie kolloidal gefärbt. Nach Digitalisierung wurden die Proteinexpressionsprofile mit Hilfe der Software Delta2D analysiert. Qualität und Quantität der Osmolyte wurde mit Hilfe von HPLC und GC bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

In vier unabhängigen Experimenten konnte ein klares Wachstumsdefizit der unter Trockenstress kultivierten Pflanzen beobachtet werden. Hypokotylllänge, Blattflächen (Abb. 1), Spross- und Wurzelmasse waren signifikant reduziert. Das Spektrum akkumulierter Osmolyte umfasst Glukose (25-30-fach), Inositol (20-30-fach), Prolin (10-20-fach), Fruktose (3-6-fach) und Saccharose (4-5-fach) in den Extrakten von Primärblättern von trockengestressten Pflanzen (Abb. 2).

Die Proteinexpressionsmuster ergaben für sechs Proteine eine Anreicherung um den Faktor 2-6 in gestressten Pflanzen. Eines dieser Proteine konnte bislang identifiziert werden. Es handelt sich um die Cu/Zn-Superoxid-Dismutase (SOD), welche um den Faktor 2,1 induziert wurde (Abb. 3).

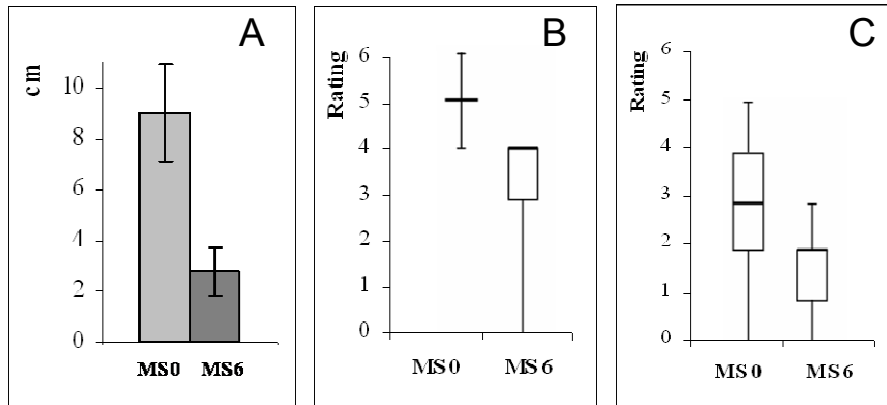


Abb. 1: Entwicklung der Hypokotylllänge (A, in cm), der Kotyledonen (B) und der Primärblätter (C) von *Helianthus annuus* L. cv. Peredovick kultiviert auf MS-Medium mit PEG (MS6) und ohne (MS0). Es sind Mittelwerte und Standardabweichung (A), bzw. Mediane, Quartile, Minima und Maxima (B und C) dargestellt (n für MS0= 87, n für MS6=98).

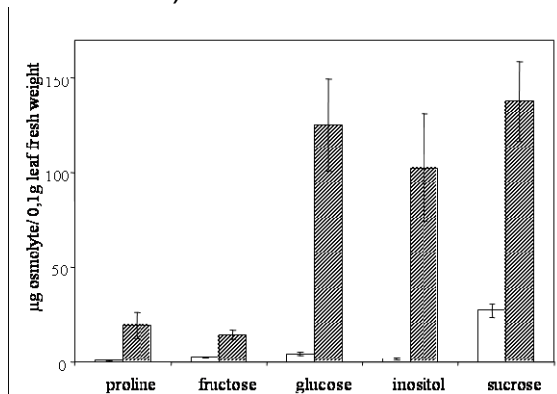


Abb. 2: Osmolytanreicherung in Blatt-extrakten von *Helianthus annuus* L. cv. Peredovick, die mittels Gaschromatographie ermittelt wurden. Dargestellt sind die Mittelwerte von vier unabhängigen Experimenten und deren Standardabweichungen

Abb. 3: Trockenstress induzierte Proteinspots (Faktor 2-6-fach) in Blattextrakten von sieben Tage lang auf MS6 Medium kultivierten Keimlingen.

Literatur

Stegmann, H. 2008: Untersuchungen zum Trockenstress bei der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.). Diplomarbeit Universität Rostock.

Nutzung Genetischer Ressourcen der Sonnenblume zur Erweiterung von Biogasfruchtfolgen

V. Hahn & M. Ganßmann*

Einleitung

Fruchtfolgeaspekte und unterschiedliche Standortbedingungen legen die Nutzung verschiedener Kulturarten für die Produktion von Biogassubstrat nahe. Hierfür eignen sich auch Sonnenblumen, die sich durch ein rasches vegetatives Wachstum unter kühlen Bedingungen und eine sehr gute Nährstoffaneignung auszeichnen. Für die züchterische Verbesserung der Biomasseleistung der Sonnenblume eignen sich in besonderem Maße Genetische Ressourcen, die teilweise ein enormes Längenwachstum aufweisen. Pflanzen mit einer Größe von über 5 m sind in Genbanken beschrieben. Solche Genetischen Ressourcen wurden von uns auf ihre Biomasseleistung geprüft. Dabei wurde sehr schnell deutlich, dass diese Typen zwar eine enorme Wüchsigkeit zeigen, aber infolge ihrer mangelhaften Standfestigkeit nicht anbauwürdig sind. Deshalb wurden die massewüchsigsten Stämme mit standfesten Inzuchtlinien rekombiniert, um daraus Zuchtmaterial für die Entwicklung von Biogassonnenblumen zu selektieren.

Material und Methoden

Als Ausgangsmaterial wurden Körnersonnenblumen verwendet, die in Vorversuchen einen erhöhten Biomassertrag aufwiesen. Diese wurden mit hochwüchsigen Genetischen Ressourcen rekombiniert. Daraus wurden F₃-Pflanzen selektiert und mit einer standfesten und sehr wüchsigen männlich-sterilen Testerlinie gekreuzt um Experimentalhybriden zu erstellen. Diese wurden 2007 in Eckartsweier (Rheinebene) und Rostock in einem Ertragsversuch (10x5 alpha Design) mit 2 Wiederholungen geprüft. Die zweireihigen Parzellen waren 5 m lang bei einem Reihenabstand von 0,75 m. Die Gesamtpflanzen wurden mit Silohäckslern geerntet. Bestimmt wurden das Frischgewicht, der Wassergehalt, die Trockenmasse, der Fettgehalt (mittels NMR) und der Aschegehalt (bei 1.000°C).

Ergebnisse und Diskussion

Die Steigerung des Biomassertrags ist das primäre Zuchtziel in der Züchtung von Biogassorten. Genetische Ressourcen können dabei eine wichtige Rolle spielen. Wie wir anhand der Sonnenblume zeigen konnten, erzielten die leistungsfähigsten Experimentalhybriden mit bis zu 180 dt/ha deutlich höhere Trockenmasseerträge als die üblicherweise genutzten Körnersonnenblumen (Tab. 1).

In Biogasanlagen wird aus fettreichen Substraten in der Regel ein höherer Methanertrag erzielt, so dass dem Ölgehalt und den Fetterträgen eine besondere Bedeutung in der Züchtung von Biogassonnenblumen zufällt. Es zeigte sich, dass mit den Experimentalhybriden bis zu 17 dt/ha Öl erzeugt werden konnte (Tab. 1), obwohl die Experimentalhybriden zur Siloernte noch nicht vollständig ausgereift und bei Trockensubstanzgehalten um 28 % geerntet wurden. Es ist daher möglich, eine hohe Biomasseleistung mit einem Fettertrag zu kombinieren, der dem von Körnersonnenblumen bei hohen Kornerträgen (35 dt/ha) und Fettgehalten (50 %) entspricht.

Tab. 1: Ergebnisse der Feldversuche (2007, 2 Orte)

Merkmal		Öl- Hybride	Biogas- hybriden	Experimental- hybriden
n		1	3	46
Trockenmasse- ertrag (dt/ha)	Mittel	94	133	119
	Minimum		131	72
	Maximum		135	179
	LSD 5%		32,7	
Trockensubstanz- gehalt (%)	Mittel	52,7	25,3	27,6
	Minimum		23,3	22,2
	Maximum		27,9	40,0
	LSD 5%		6,7	
Öl- gehalt (%)	Mittel	11,0	9,3	9,2
	Minimum		8,7	6,3
	Maximum		9,7	11,4
	LSD 5%		3,3	
Öl- ertrag (dt/ha)	Mittel	10,3	12,4	11,0
	Minimum		11,6	6,6
	Maximum		12,8	17,2
	LSD 5%		n.s.	
Asche- gehalt (%)	Mittel	7,3	8,0	8,1
	Minimum		7,7	5,9
	Maximum		8,4	11,1
	LSD 5%		2,6	

Neben der Steigerung der erwünschten Inhaltsstoffe ist es jedoch ebenso notwendig, die Mengenanteile von Stoffen zu verringern, die kein Biogas erzeugen oder dessen Ausbeute mindern. Ein Beispiel hierfür ist der Aschegehalt; in diesem Merkmal weisen Sonnenblumen einen relativ hohen Wert auf. Unsere Untersuchungen zeigten jedoch eine negative Korrelation ($r=-0,65^*$) zwischen dem Biomasseertrag und dem Aschegehalt der Ganzpflanzen. Eine weitere Steigerung des Biomasseertrags sollte deshalb zu den erwünschten niedrigeren Aschegehalten in Sonnenblumen führen.

Ein nachhaltiges Konzept der Erzeugung von Energie aus Biomasse sollte auf mehreren Kulturarten beruhen. Unsere Untersuchungen zeigen, dass Sonnenblumen das Potenzial besitzen, Teil einer vielfältigen Biogas-Fruchtfolge zu werden. Dazu ist der Biomasseertrag von Sonnenblumen weiter zu verbessern, wobei massewüchsigen Genetischen Ressourcen eine besondere Bedeutung zukommt.

Danksagung

Wir danken der NCPRI, USDA, USA und dem IPK Gatersleben für das Saatgut der Genetischen Ressourcen. Diese Arbeit wird gefördert vom Bundesministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz (FNR22013104).

Verifizierung positiver BAC-Klone am Restorerlocus *Rf1* der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.) über BAC-Fingerprinting und BAC-End-Klonierung

S. Hamrit, B. Kusterer*, W. Friedt* & R. Horn

Einleitung

In der kommerziellen Hybridzüchtung der Sonnenblume wird weltweit zur Zeit nur das PET1-Plasma eingesetzt. Dieses Plasma beruht auf einer interspezifischen Kreuzung von *Helianthus petiolaris* Nutt. mit *H. annuus* (Leclercq 1969). Die cytoplasmatische männliche Sterilität im PET1-Plasma geht auf Veränderungen im Mitochondriengenom zurück, die zu einer 11-kb-Inversion und einer 5-kb-Insertion führen. Aufgrund der 5-kb-Insertion entsteht ein neuer offener Leserahmen *orfH522*, der für ein 16-kDa-Protein kodiert (Köhler et al. 1991, Horn et al. 1991). Für die Wiederherstellung der Pollenfertilität in den Hybriden stehen eine Reihe von Restorerlinien zur Verfügung. Die meisten Restorerlinien besitzen das *Rf1*- und das *Rf2*-Gen, wobei das *Rf2*-Gen auch in fast allen Maintainerlinien vorkommt. Die Restaurierung der Pollenfertilität in den Hybriden erfolgt dabei in der Regel über das Restorerger *Rf1*. Über markergestützte Klonierung soll das *Rf1*-Gen isoliert werden. Dieses erfordert zum einen eng mit dem Gen gekoppelte Marker und zum anderen genomische Bibliotheken wie z.B. BAC-Bibliotheken.

Material und Methoden

Für die Kartierung des *Rf1*-Gens steht eine F₂-Population basierend auf der Kreuzung RHA325 x HA342 zur Verfügung. Bulk Segregant Analysen wurden zur Identifizierung polymorpher AFLP-Primerkombinationen durchgeführt. Für die SSR-Analysen wurden die in der NCBI Datenbank hinterlegten Primerkombinationen der Sonnenblumen-Konsensuskarte (Tang et al. 2003) eingesetzt.

Ergebnisse und Diskussion

Unter Verwendung von AFLP- und SSR-Markern sowie einer F₂-Kartierungspopulation, basierend auf der Kreuzung RHA325 x HA342, wurde das Restorerger *Rf1* in die Kopplungsgruppe 13 der Sonnenblumen-Konsensuskarte kartiert (Kusterer et al. 2005). Im Weiteren wurde die Region um das *Rf1*-Gen mit vier zusätzlichen AFLP-Markern angereichert, so dass die Kopplungsgruppe jetzt aus 47 Markern besteht (39 AFLP-, 7 RAPD-Markern und 1 SSR-Marker). Eng mit dem Restorerger *Rf1*-Gen gekoppelte AFLP- und RAPD-Marker konnten kloniert und sequenziert werden. Die Sequenzen dienten zur Erstellung von Overgo-Sonden zur Hybridisierung gegen die High Density Filter der BAC-Bibliotheken von RHA325 (Özdemir et al. 2004) und HA383 (<http://www.genome.clemson.edu>). Positive BAC-Klone konnten identifiziert und über BAC-Fingerprinting mit verschiedenen Restriktionsendonukleasen sowie Hybridisierungen mit den entsprechenden Overgo-Sonden in Contigs angeordnet werden. Die BAC-Enden wurden in pUC18 kloniert und sequenziert (Abb. 1). Die aus den Sequenzen entwickelten Marker wurden zur Rückkartierung der BAC-Klone in die genomische Karte genutzt.

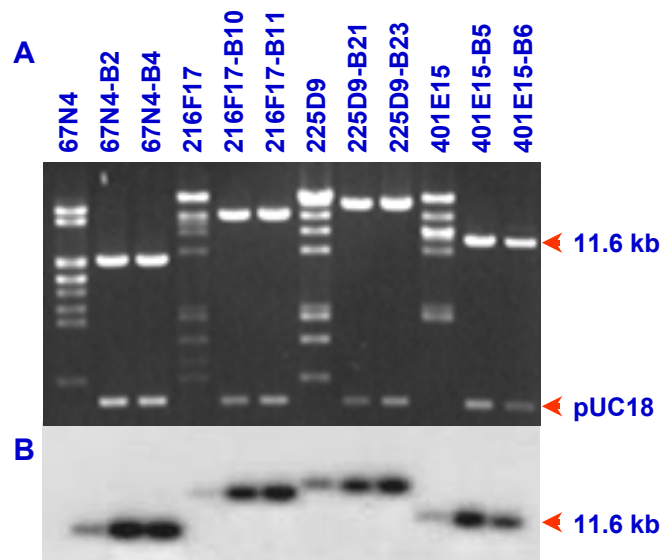


Abb. 1: Verifizierung von klonierten BAC-Enden. (A) Die klonierten BAC-Enden wurden durch Verdau mit *Bam*HI freigesetzt. Alle klonierten Fragmente sind größer als der pBeloBAC11-Vektor (7,5 kb) und ergeben ein Hybridisierungssignal mit pBeloBAC11 als Sonde (B).

Eine Feinkartierung von Markern erfolgte in der erweiterten Population als auch eine weitere Suche nach AFLP-Markern, die sehr eng mit dem Restorer gen *Rf1* koppelt sind. Ein geschlossener Contig konnte aber bisher noch nicht um das Restorer gen *Rf1* erstellt werden.

Literatur

- Horn, R.; R.H. Köhler und K. Zetsche 1991: A mitochondrial 16 kDa protein is associated with cytoplasmic male sterility in sunflower. *Plant Mol. Biol.* 7:29-36.
- Köhler, R.H.; Horn, R.; A. Lössl und K. Zetsche 1991: Cytoplasmic male sterility in sunflower is correlated with the co-transcription of a new open reading frame with the *atpA* gene. *Mol. Gen. Genet.* 227: 369-376.
- Kusterer, B.; R. Horn und W. Friedt 2005: Molecular mapping of the fertility restoration locus *Rf1* in sunflower and development of diagnostic markers for the restorer gene. *Euphytica* 143: 35-42.
- Leclercq, P. 1969 : Une sterilité male cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amel. Plantes* 19: 99-106.
- Özdemir, N.; R. Horn und W. Friedt 2004: Construction and characterization of a BAC library for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica* 138: 177-183.
- Tang, S.X.; V.K. Kishore und S.J. Knapp 2003: PCR-multiplexes for a genome-wide framework of simple sequence repeat marker loci in cultivated sunflower. *Theor. Appl. Genet.* 107: 6-19.

Untersuchungen zur Variabilität des Rohfettgehaltes und des Fettsäuremusters in Blauen Süßlupinen

G. Jansen & H.-U. Jürgens

Einleitung

Neben den Futtererbsen und Ackerbohnen gelten Lupinen als eine wertvolle Kulturpflanze in der Landwirtschaft, auch unter dem Gesichtspunkt einer Erweiterung der Fruchtfolge und des Futtermittelspektrums durch Leguminosen. Gegenwärtig wird in Deutschland hauptsächlich die Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*) als Eiweißpflanze angebaut. Sie bekommt zunehmend Beachtung, da sie frühreif, ertragreich und gegenüber dem Befall mit der Pilzkrankheit Anthraknose weniger anfällig ist.

Außer dem Rohprotein enthalten Lupinen weitere wertvolle Inhaltsstoffe, wie z. B. Fette, die zukünftig bei einem Einsatz in der Humanernährung von Bedeutung sein könnten.

Ziel der Arbeiten war es daher Erkenntnisse über die Variabilität im Fettgehalt und insbesondere im Fettsäuremuster verschiedener Sorten der Blauen Lupinen zu gewinnen, wobei im Hinblick auf eine gesunde Ernährung der Schwankungsbreite in den gesättigten, sowie einfach und mehrfach ungesättigten Fettsäuren besondere Bedeutung zukommt.

Material und Methoden

Ein Sortiment von 12 Sorten und 7 Stämmen von Blauen Lupinen wurde in 4-facher Wiederholung auf zwei ökologischen Standorten in Mecklenburg-Vorpommern (Groß Lüsewitz und Gülzow) und auf einem ökologischen Standort in Niederbayern (Bogen) im Jahr 2005 angebaut. Das Lupinensortiment wurde von der Saatzucht Steinach bereitgestellt.

Jeweils 5 g des gemahlten Lupinenschrotes wurde am Soxtec HAT 6 (Fa. Tecator) mit Petrolether (Kp. 40 - 60 °C) extrahiert und das Öl gravimetrisch bestimmt. Für die Fettsäureuntersuchung im Öl wurden die Triglyceride durch Zugabe von Trimethylsulfoniumhydroxid-Lösung in *tert*-Butylmethylether/Methanol in die Fettsäuremethylester umgewandelt, die dann am GC 6890 (Fa. Agilent) analysiert wurden.

Ergebnisse und Diskussion

Einheimische Leguminosen (Ackerbohnen, Erbsen und Lupinen) sind in erster Linie als Eiweißlieferant für die Fütterung landwirtschaftlicher Nutztiere anzusehen (Losland u. a. 2003). Dabei zeichnen sich Lupinen nicht nur durch höhere Eiweißgehalte aus, sondern sie erreichen auch die höchsten Rohfettgehalte innerhalb der Leguminosen mit ca. 5% bei Blauen und Gelben Lupinen sowie bis 12% bei Weißen Lupinen.

Der Fettgehalt von Blauen Lupinen schwankte in dem analysierten Sortiment auf den Standorten Groß Lüsewitz und Gülzow zwischen 5,1% und 6,3% sowie 5,1% und 6,4%. Auf dem Standort Bogen, der sich durch einen hohen pH-Wert auszeichnete ($\text{pH} \geq 7,0$), wurden signifikant höhere Fettgehalte ($P < 0,001$) mit einer Schwankungsbreite zwischen 6,7% und 8,1% gefunden.

Über die Fettsäurezusammensetzung der Blauen Lupinen ist bisher wenig bekannt. Sie enthalten jedoch wie die Gelben und die Weißen Lupinen ernährungsphysiologisch bedeutende Fettsäuren. Die Weißen Lupinen verfügen über einen hohen Anteil an Ölsäure, gefolgt von Linolsäure (Erbas et al., 2005), während Blaue Lupinen mehr Linolsäure als Ölsäure enthalten.

In Abb. 1 ist die Schwankungsbreite in der Fettsäurezusammensetzung von Blauen Lupinen unter Einbeziehung verschiedener Standorte dargestellt.

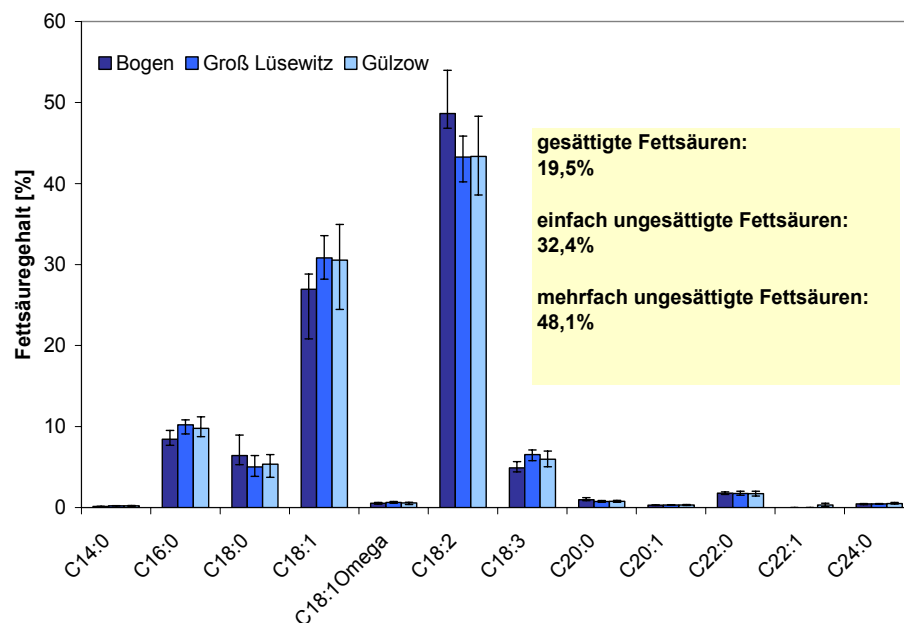


Abb. 1: Variation in der Fettsäurezusammensetzung von 19 Blauen Lupinen-Sorten bzw. -Stämmen an drei Standorten

In allen Sorten überwiegen die mehrfach ungesättigten Fettsäuren, gefolgt von einfach ungesättigten Fettsäuren.

Die Fettsäurezusammensetzung in Blauen Lupinen entspricht der Zusammensetzung eines empfehlenswerten pflanzlichen Öls. Damit enthalten Blaue Lupinen neben dem wertvollen Eiweiß einen weiteren Inhaltsstoff, der auch für die Humanernährung interessant ist.

Dank

Das Projekt wurde mit Mitteln des BMELV, BÖL-Projekt, FKZ 03OE355 gefördert.

Literatur

- Erbas, M.; M. Certel und M.K. Uslu 2005: Some chemical properties of white lupin seeds (*Lupinus albus* L.). Food Chemistry 89: 341-345.
Losland, B.; H. Dreschel, J. Martin und A. Pripke 2003: Nutzung einheimischer Eiweißpflanzen in der Fütterung. Arch. Tierz. Dummerstorf SH 46: 107-114

Charakterisierung der Genstruktur von *SLY1* in der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)

G. Krentz, S. Hamrit & R. Horn

Einleitung - *SLY1* als positiver Regulator im Gibberellinsignalweg

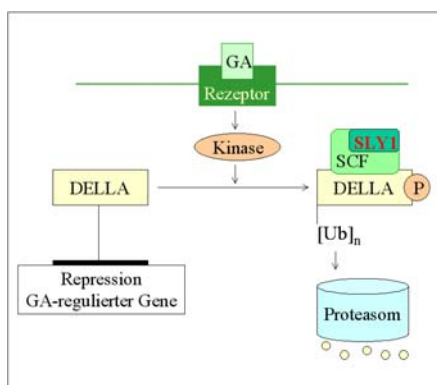


Abb.1: Modellvorstellung zum GA-Signalweg (nach Thomas et al., 2004)

Das Phytohormon Gibberellin (GA) spielt bei der Wachstumsregulation von Pflanzen in Züchtung und Anbau eine wichtige Rolle. Bezüglich seiner Wirkungsweise in der Pflanze existiert die Modellvorstellung einer Signalkaskade, welche aus Ergebnissen von Untersuchungen an *Arabidopsis thaliana* abgeleitet wurde (Thomas et al., 2004) (Abb.1). Darin bildet das F-Box-Protein *SLY1* eine Untereinheit einer SCF-Ubiquitinligase, welche an der Regelung des Abbaus der Repressoren GA-regulierten Gene beteiligt ist. Nach dem Abbau der Repressoren können die GA-regulierten Gene exprimiert werden. Somit wirkt *SLY1* positiv regulatorisch und ist deshalb ein vielversprechender Angriffspunkt, um die

Gibberellinsignalkaskade genauer zu untersuchen und darüber möglicherweise gezielter das Wachstum von Pflanzen beeinflussen zu können. Für *SLY1* wurde bisher bei *Arabidopsis thaliana* (Dill et al., 2004) ein Gen beschrieben, welches ein durchgängiges Exon aufweist. Bei der Sonnenblume ist zurzeit bezüglich der GA-Regulation wenig bekannt. Dabei besteht gerade hier ein großes Interesse an der Regulierung des Sprosswachstums.

Material und Methoden

Zur Charakterisierung der Genstruktur von *SLY1* wurde mittels Kandidatengenansatz damit begonnen, eine *SLY1*-Sequenz aus Sonnenblumen-DNA zu amplifizieren. Dies konnte durch degenerierte Primer, abgeleitet von der bekannten *SLY1* – *A. thaliana* Sequenz realisiert werden. Das erhaltene PCR-Produkt stellte den Ausgangspunkt zur Konstruktion einer Overgo-Sonde dar. Mit dieser wurden High Density-Filter zweier BAC-Bibliotheken der Sonnenblume gescreent: Die BAC-Bibliothek der Linie RHA325 (Özdemir et al., 2004) mit einer etwa zweifachen Genomabdeckung und die BAC-Bibliothek der Linie HA383 (CUGI www.genome.clemson.edu/) mit einer achtfachen Genomabdeckung. Zur Charakterisierung der erhaltenen BAC-Klone wurden diese mit *Hind*III verdaut und die entstandenen Fragmente hybridisiert. Die so detektierten *SLY1*-positiven Fragmente wurden subkloniert und sequenziert. Eine Sequenzanalyse der Fragmente aus der BAC-Bibliothek der Linie HA383 zeigte, dass das Stop-Codon des darauf befindlichen orfs in 3'-Richtung außerhalb der klonierten *Hind*III-Fragmente lag. Zur Klonierung des fehlenden 3'-Bereiches wurde eine Restriktionskarte erstellt und die darin schneidenden Enzyme für ein Fingerprinting der BAC-Klone genutzt, um darüber Fragmente zu finden, die den 3'-Bereich abdecken. Abschließend wurde durch Sequenzanalyse nach möglichen regulatorischen Elementen gesucht.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe der von *A. thaliana* abgeleiteten degenerierten Primer wurde ein 195 bp großes Amplifikat erzielt, welches auf Proteinebene 60% Identität zum SLY1-Protein aus *Arabidopsis* aufweist. Die ausgehend von dieser Sequenz konstruierte Overgo-Sonde detektierte zwei BAC-Klone aus der Bibliothek der Linie RHA325 und vier aus der Bibliothek der Linie HA383. Nach Charakterisierung dieser BAC-Klone durch Restriktion mit *Hind*III und Hybridisierung mit der *SLY1*-Overgo-Sonde wurden für die vier Klone der Linie HA383 ein Fragment mit einer Größe von 6,7 kb und für die Klone der Linie RHA325 zwei verschieden große Fragmente, 12 kb und 8,5 kb, identifiziert. Dies deutet darauf hin, dass in der Sonnenblume eventuell zwei Kopien des *SLY1*-Gens vorliegen könnten. Die Sequenzanalyse der Fragmente von HA383 ergab ein SLY1-Protein, welches aus 198 Aminosäuren zu bestehen scheint und damit im Vergleich zum bisher bekannten Protein aus *Arabidopsis thaliana* um 47 Aminosäuren länger wäre. In einer BLAST-Analyse zeigte die SLY1-Proteinsequenz der Sonnenblume 48% Identität zur Sequenz aus *Arabidopsis*. Diese liegt gegenüber der ursprünglichen Homologie von 60% niedriger, da das komplette Protein in der Sonnenblume wesentlich größer ist als in *A. thaliana*. Die BLAST-Analyse zwischen den Proteinen aus beiden Pflanzen zeigte eindeutig, dass es Bereiche gibt, die in beiden Sequenzen sehr hoch konserviert sind. Das Protein in der Sonnenblume besitzt hauptsächlich im 3'- und 5'-Bereich eine geringe Homologie zum *Arabidopsis*-Protein und weist einen zusätzlichen Bereich auf. Des Weiteren konnten im 5'-UTR des *SLY1*-Gens drei regulatorische Elemente für entwicklungs- bzw. organspezifische Bindeproteine (Abb. 2) gefunden werden, welche interessante Experimentieransätze für die im Anschluss vorgesehene Funktionsanalyse von *SLY1* in der Sonnenblume darstellen.

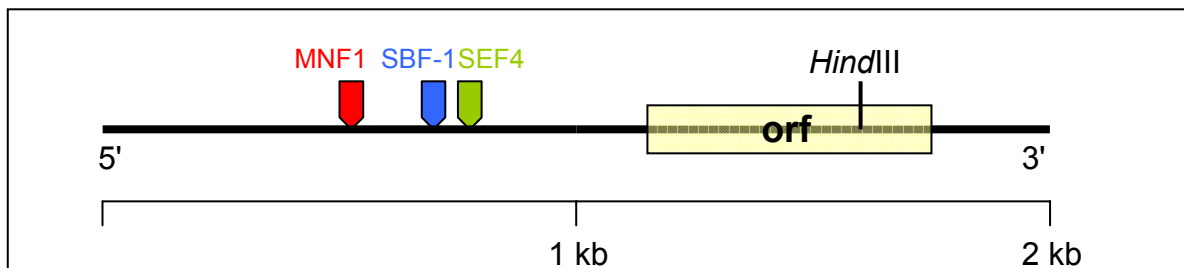


Abb.2: Regulatorische Elemente im 5'-UTR-Bereich des gefundenen *SLY1*-orfs.
MNF1 = blattspezifisches DNA-Bindeprotein, welches an der lichtabhängigen Transkriptionskontrolle der Genexpression beteiligt ist.
BF-1 = Bindeprotein, welches an der organspezifischen Expression während der Pflanzenentwicklung beteiligt ist.
SEF4 = Bindeprotein, welches an der samenspezifischen Genregulation beteiligt ist.

Literatur

- Dill A., Thomas S. G., Hu J., Steber C. M., Sun T. (2004): The Arabidopsis F-Box Protein SLEEPY1 Targets Gibberellin Signaling Repressors for Gibberellin-Induced Degradation. *The Plant Cell*, Vol. 16, pp. 1392 - 1405
- Özdemir N., Horn R., Friedt W. (2004): Construction and characterization of a BAC library for sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Euphytica* 138, pp. 177 - 183
- Thomas S. G., Sun T. (2004): Update on Gibberellin Signaling. A Tale of the Tall and the Short. *Plant Physiology*, Vol. 135, pp. 668 – 676, 721

Inter- und intraspezifische Variabilität der Lebensfähigkeit von Saatgut der bundeszentralen *ex situ* Genbank in Gatersleben

M. Nagel & A. Börner

Einleitung

Das Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK) in Gatersleben beherbergt heute eine der vier größten Genbanken der Welt. In dieser wurden innerhalb der vergangenen 60 Jahre insgesamt 148.128 Akzessionen aus 3.032 Arten und 890 Gattungen zusammengetragen und werden für die Zukunft *ex situ* erhalten. Allein 122.225 orthodoxe Saatgutmuster sind in den Kühlzellen zwischen 0 und -15°C eingelagert (BÖRNER 2006). Unter Verwendung dieser und weiterer Konservierungsmethoden kann ein großer Teil der pflanzengenetischen Kollektion verschiedenen Nutzern mit wissenschaftlichen, züchterischen und kulturhistorischen Fragestellungen zur Verfügung gestellt werden.

Mit zunehmendem Alter der Saatgutmuster erhöht sich allerdings die Variabilität der Lebensfähigkeit, wodurch die Gefahr des Verlustes von einzigartigen Genotypen besteht. Um diese Bedrohung zu verringern, soll im Folgenden das Ausmaß der Variabilität innerhalb und zwischen verschiedenen Arten untersucht und ein Ausblick über Schnellmethoden zur Ermittlung von reduzierten Lebensfähigkeiten gegeben werden.

Material und Methoden

Interspezifische Variabilität: Insgesamt erfolgte die Prüfung von 18 verschiedenen Kulturpflanzenarten (gelagert unter Raumtemperaturbedingungen (20°C, 50%rLF)), deren Saatgut den Reproduktionsanbauten von 1980 bis 2005 entstammte. Jede geprüfte Art wurde durch fünf Akzessionen pro Erntejahrgang repräsentiert, wobei sich die Genotypen zwischen den verschiedenen Erntejahren vollständig unterschieden. Die verwendeten Kulturpflanzenarten wurden im Anschluss innerhalb der Speicherstoffgruppen kohlehydratreicher, proteinreicher, fettreicher Saatgutarten und der Gruppe der unbestimmten Speicherstoffe ‚Miscellaneous‘ diskutiert. Entsprechend den „Internationalen Vorschriften zur Prüfung von Saatgut“ (ISTA 2008) wurden 50 Samen je Akzession auf ihre Keimfähigkeit untersucht. Für die folgenden statistischen Auswertungen wurde das reale Alter der Akzessionen verwendet, welches zusammen mit den Resultaten aus der Keimfähigkeitsprüfung einen Vergleich der Arten im Probitmodell realisierte. Das Probitmodell entstand durch die Übertragung der kumulativ, normalverteilten Keimfähigkeiten in die Probiteinheit. Mittels weiterer Gewichtung der Keimfähigkeitswerte entstand aus der sigmoidalen Samenüberlebenskurve eine Gerade mit spezifischen Parametern (ROBERTS 1972). Dabei waren die Geraden durch die Schnittpunkte mit der Abszisse vergleichbar, die im Weiteren als mittlere Samenüberlebensrate (P50) bezeichnet wurden. *Intraspezifische Variabilität:* Zur Untersuchung standen 55 Akzessionen der Art *Hordeum vulgare* L., die 1974 geerntet und 1976, 1996 und 2008 turnusmäßigen Keimfähigkeitstests, in Anlehnung an die „Internationalen Vorschriften zur Prüfung von Saatgut“ (ISTA 2008), unterzogen wurden. Die Lagerung der Akzessionen erfolgte bei 0°C und 13% rLF. Die Keimfähigkeit wird im prozentualen Verhältnis von normalen Keimlingen zu faulen und anomalen angegeben.

Ergebnisse und Diskussion

Unter zu Hilfenahme der Probitanalyse wurden die verschiedenen Arten vergleichbar und zeigten innerhalb der einzelnen Speicherstoffgruppen deutliche Unterschiede im Anstieg der Probitgerade (Abbildung 1). Zwischen den einzelnen Speicherstoffgruppen reduzierte sich die mittlere Samenüberlebensrate (P50) im Mittel von den proteinreichen Saatgutarten (\bar{x} 12,0 Jahre) über die kohlehydratreichen (\bar{x} 8,2 Jahre) zu den fettreichen Saatgutarten (\bar{x} 7,7). Aufgrund dieser Ergebnisse lässt sich eine Beziehung zwischen der Länge der Lebensfähigkeit

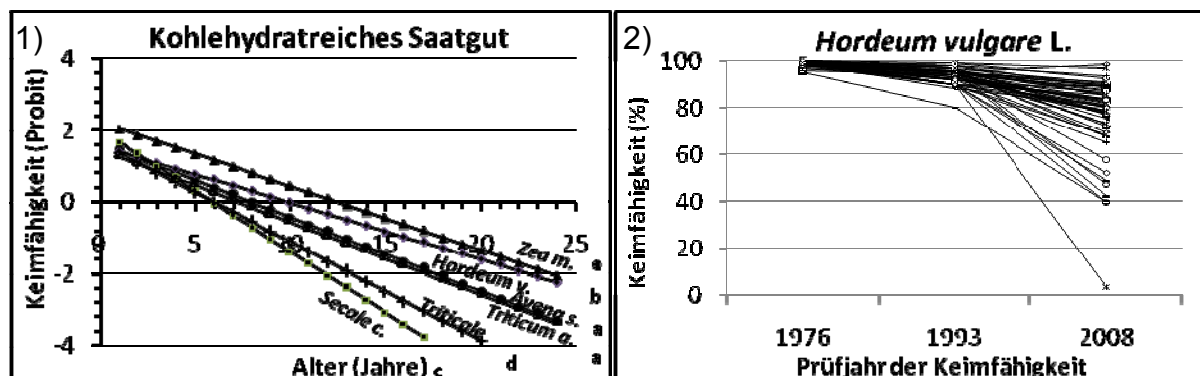


Abb.1, 2: Dargestellt sind die 1) interspezifische Variabilität der Lebensfähigkeit von kohlehydrathaltigem Saatgut und die 2) intraspezifische Variabilität der Lebensfähigkeit von *Hordeum vulgare* L. Akzessionen. Unterschiedliche Buchstaben (a,b,c,d,e) symbolisieren signifikant verschiedene Anstiege der Probitgeraden ($P < 0,05$)

und der Speicherstoffe vermuten. WALTERS ET AL. (2005) beschreiben diesen Zusammenhang allerdings als hypothetisch, da ihre Studien an 42.000 Akzessionen der NPGS (National Plant Germplasm System) Kollektion der USA keine eindeutigen Beziehungen zwischen den Reservestoffen eines Samens und der Länge der Keimfähigkeit herstellen konnten. Innerhalb der Untersuchungen der interspezifischen Variabilität der Lebensfähigkeit wurde weiterhin deutlich, dass sich die Fähigkeit der Samen lange lebensfähig zu sein nicht nur zwischen den einzelnen Arten, sondern auch innerhalb der Art zwischen den einzelnen Genotypen unterscheidet. In Abbildung 2 wird erkennbar, dass *Hordeum vulgare* L. Akzessionen aus demselben Erntejahr (1974) und mit einheitlichen hohen Anfangskeimfähigkeiten nach 34-jähriger Lagerung (0°C , 13% rLF) in den Keimfähigkeiten stark auseinanderdriften.

Ausblick

Auf Grundlage dieser Ergebnisse ist es erforderlich Methoden zu entwickeln, mit denen umgehend der Status der Lebensfähigkeiten der gesamten Kollektion ermittelt werden kann. Für die aktuellen Untersuchungen kommen die Nahinfrarot-, die Infrarot- und die Raman-Spektroskopie in Betracht. Nach erfolgreichem Schnelltest könnten Akzessionen mit niedrigen Keimfähigkeiten reproduziert, hingegen Akzessionen mit hohen Keimfähigkeiten weiterhin in den Kühllagern konserviert werden. Dadurch wäre innerhalb kurzer Zeit dem Verlust von einzigartigen Genotypen vorgebeugt bzw. diese keine weiteren Gefahren ausgesetzt.

Literatur

- Börner, A., 2006: Preservation of Plant Genetic Resources in the Biotechnology Era. *Biotechnology Journal*, 1: 1393-1404
- ISTA, 2008: Internationale Vorschriften für die Prüfung von Saatgut. Internationale Vereinigung für Saatgutprüfung, Bassersdorf
- Roberts, E.H., 1972: *Viability of Seeds*. Chapman and Hall, London

Klonierung von mitochondrialen *HindIII*-Fragmenten spezifisch für das PET2-Plasma der Sonnenblume (*Helianthus annuus* L.)

A. Reddemann & R. Horn

Einleitung

Das Phänomen der cytoplasmatisch-kerngenischen männlichen Sterilität (CMS) bezeichnet die Unfähigkeit einer Pflanze, fertile Pollen zu produzieren. Für die Hybridzüchtung ist die CMS ein nützliches Instrument, da die Selbstung durch Pollensterilität verhindert wird und reines F₁-Saatgut unter Nutzung des Heterosis-Effektes herstellbar ist. Zurzeit wird nur ein einziges CMS-Plasma, das so genannte PET1-Plasma, in der kommerziellen Hybridzüchtung der Sonnenblume genutzt. Das PET2-Plasma, welches ebenso wie das PET1-Plasma aus einer interspezifischen Kreuzung von *H. petiolaris* mit *H. annuus* hervorgegangen ist, stellt eine neue interessante CMS-Quelle dar. Durch das PET2-Plasma kann das erhöhte Risiko des PET1-Plasmas für die Anfälligkeit gegenüber Pathogenen reduziert werden. PET2 weist weder den für die CMS bei PET1 verantwortlichen *orfH522*, noch das 16-kDa-Protein auf (Horn & Friedt, 1999). Stattdessen ist das PET2-Plasma durch die Expression eines zusätzlichen mitochondrialen 12,4-kDa-Proteins charakterisiert, welches durch in organello Translation mit ³⁵S-Methionin Markierung detektiert wurde (Horn, 2002). Ziel des Projektes ist es, den offenen Leserahmen in der mtDNA von PET2 zu identifizieren, der für die Expression des PET2-spezifischen Proteins verantwortlich ist.

Material und Methoden

Für die experimentelle Durchführung stand jeweils die aufgereinigte mtDNA (~ 300 kb) der fertilen Linie HA89 sowie der männlich sterilen Linien PET1 und PET2 zur Verfügung. Für ECL-Hybridisierungen wurden die mitochondrialen Gene *atp6*, *atp9* und *cob* ausgewählt, die bereits in Vorversuchen mit PET2 ein verändertes Restriktionsmuster mit dem Enzym *BglII* aufwiesen (Horn, 2002). Die Hybridisierung wurden mit *HindIII* verdauter mtDNA wiederholt, um die spezifischen Fragmente zu identifizieren und in pUC18 zu klonieren. Nach Restriktionsverdau des fertilen Cytoplasmas HA89 sowie der männlich sterilen CMS-Plasmen PET1 und PET2 mit *HindIII*, wurden die erhaltenen Restriktionsfragmente gefällt, in den Expressionsvektor pUC18 ligiert und anschließend kompetente *E. coli* Zellen (DH5α) damit transformiert. Für die Erstellung einer mitochondrialen DNA-Genbank wurden die rekombinanten Klone nach Ausstrich des Transformationsansatzes auf XGal- und IPTG-haltigen Agar-Platten über die Ampicillin-Resistenz selektiert. Mittels Dot Blot-Verfahren wurde die mtDNA-Genbank von PET2 nach positiven Hybridisierungssignalen, mit einem Mix aus gleichen Anteilen der overgo-Sonden *atp6*, *atp9* und *cob*, überprüft. Nach Erhalt positiver Hybridisierungssignale, erfolgte die spezifische Zuordnung der Klone zu den einzelnen overgo-Sonden. Dazu wurde eine Minipräparation der positiven Klone angefertigt, die DNA mit *HindIII* verdaut und anschließend in einem 0,8 %igen Agarosegel aufgetrennt. Dieses Gel wurde für einen Southern-Blot genutzt und die geblottete Membran anschließend mit den overgo-Sonden *atp6*, *atp9* und *cob* separat hybridisiert.

Ergebnisse und Diskussion

Mitochondriale *HindIII*-Fragmente, die spezifisch für das PET2-Plasma der Sonnenblume sind, konnten mittels ECL-Hybridisierungen gegen *HindIII* verdaute mtDNA detektiert werden. Dabei zeigte sich bei Hybridisierung mit *atp6* als Sonde für PET2 und das fertile Cytoplasma ein gemeinsames Fragment von 1300 bp, zusätzlich wies PET2 ein Fragment von 2800 bp auf. Nach Hybridisierung mit den Sonden *atp9* und *cob*, traten für PET2 und HA89 ein gemeinsames Fragment bei 3500 bp für *atp9* und ein 7000 bp Fragment für *cob* auf. Signifikant für PET2 sind das 4000 bp Fragment für *atp9* sowie das 5000 bp Fragment für die Sonde *cob* (Abb.1).

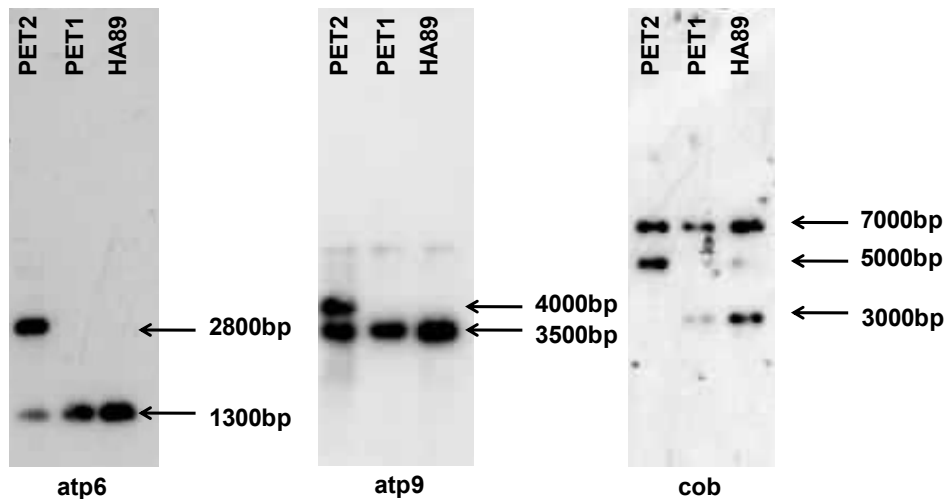


Abb.1: ECL-Hybridisierungssignale von *HindIII* verdauter mitochondrialer DNA der fertilen Linie HA89 und der CMS-Plasmen PET1 und PET2 nach Hybridisierung mit den Sonden *atp6*, *atp9* und *cob*.

Für PET2 und das fertile Cytoplasma wurde jeweils eine mtDNA-Bibliothek durch Klonierung von *HindIII*-Fragmenten in pUC18 erstellt. Durch Hybridisierung mit den entsprechenden Sonden konnten die spezifischen Fragmente für PET2 mit 2800 bp (*atp6*), 4000 bp (*atp9*) und 5000 bp (*cob*) identifiziert werden. Zur Zeit werden diese Klone sequenziert, um den PET2-spezifischen Leserahmen zu identifizieren, der für das 12,4 kDa Protein kodiert.

Literatur

- Horn, R., Friedt, W. (1999). CMS sources in sunflower: different origin but same mechanism? *Theor Appl Genet* 98: 195–201
- Horn, R. (2002). Molecular diversity of male sterility inducing and male-fertile cytoplasms in the genus *Helianthus*. *Theor Appl Genet* 104: 562-570

Ergebnisse von Majorananbauversuchen in Griechenland

E. Wogiatzi-Kamwoukou, R. Marquard*, N. Chouliaras, A. Tegou, I. Vagelas,
A. Ntadasios** & D. Tasiopoulos

Einleitung

Majoranpflanzen wurden von den alten Griechen bei Hochzeiten verwendet. Heute wird Majoran in Gärten angebaut und in den letzten Jahren versucht man Majoran im Feld zu kultivieren.

Im Rahmen der hier vorgestellten Anbauversuche sollte die Adaptionfähigkeit verschiedener Majoransorten die Standortbedingungen in Mittelgriechenland am Rande der Thessalischen Ebene nahe der Stadt Larissa geprüft werden. Außerdem wurden Gehalte und Zusammensetzung der ätherischen Öle bei Aussaat im Herbst und im Frühjahr untersucht.

Material und Methoden

Drei Sorten von *Origanum majorana* und zwar "Max", "Ägyptischer" und "Arterner" wurden auf dem Versuchsfeld des T.E.I. in zwei Jahren Anbaujahren (2002-2003 und 2003-2004) untersucht.

Im ersten Anbaujahr wurde Majoran im Herbst und im Frühjahr direkt im Freiland ausgesät. Gleichfalls erfolgte eine Aussaat im Glasshaus mit anschließender Auspflanzung ins Freiland. Zwischen den Sorten und den Aufwüchsen unterschiedlicher Aussaattermine wurden die Vegetationsdaten sowie die Gehalte und Zusammensetzung des ätherischen Öls verglichen. Im zweiten Anbaujahr haben nur die Sorten "Max" und "Ägyptischer" im Versuch, so dass von der Sorte "Arterner" nur einjährige Ergebnisse vorliegen.

Die Bestimmung des ätherischen Ölgehaltes erfolgte mittels Wasserdampfdestillation mit einer Electromantel ME Apparatur. Die Komponenten des ätherischen Öls wurden mittels Gaschromatographie/MS mit einem G.C.M-System (Typ Agilent Technologies 7890 A) untersucht. Die Auftrennung des ätherischen Öls erfolgte an einer DB-WAX Kapillarsäule (30m x 0,25mm x 0,25µm) und die Auswertung über MS data-Nist Library Methode. Die Analysen wurden im Labor der Arzneipflanzenabteilung des T.E.I. in Larissa durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

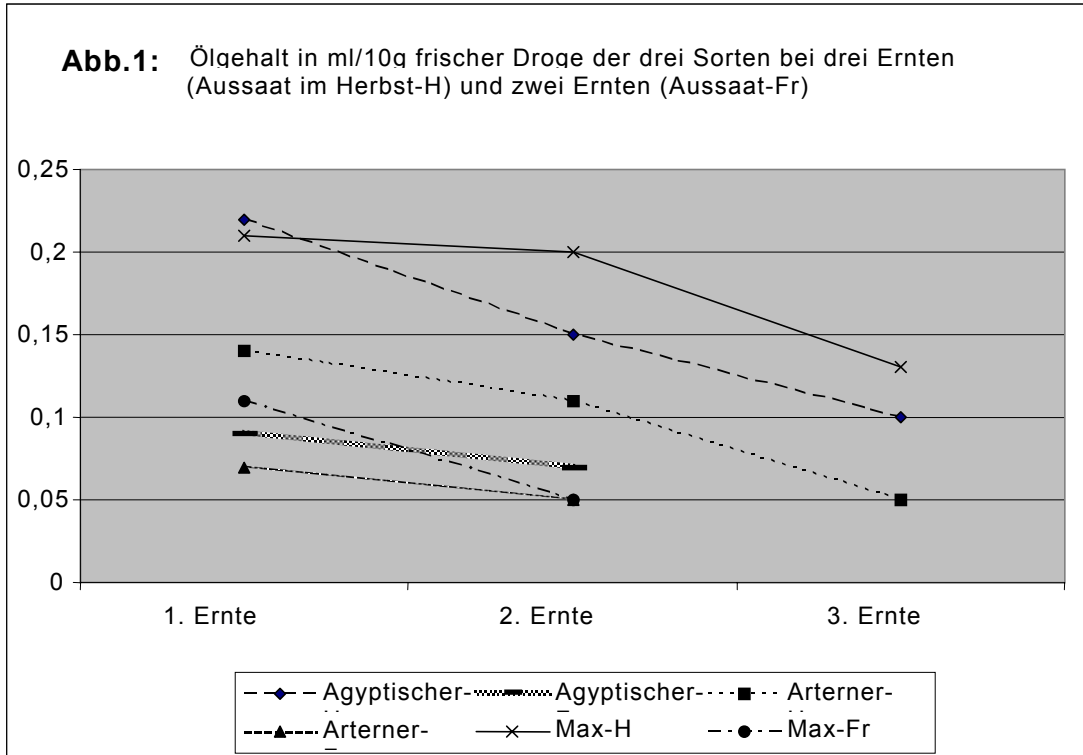
Die Direktaussaat ist unter griechischen Bedingungen nicht geeignet, da Majoran als einjährige Pflanze kultiviert wird, obwohl in der Literatur der Anbau in den Mittelmeerländern als mehrjährig beschrieben ist.

Die statistische Auswertung weist eine große Variationsbreite der Vegetationsdaten zwischen den Sorten aus. Weiterhin besteht ein deutlicher Einfluss der Aussaattermine, der Erntezeit und der Sorten auf Gehalt und Zusammensetzung des ätherischen Öls. Die Ölgehalte sind in den ersten Ernten bei drei Sorten und den beiden Aussaatterminen am höchsten und nehmen bis zur dritten Ernte deutlich ab. Im Vergleich der Sorten liegt "Max" im Ölgehalt in beiden Aussaatterminen eindeutig an der Spitze (Abb.1).

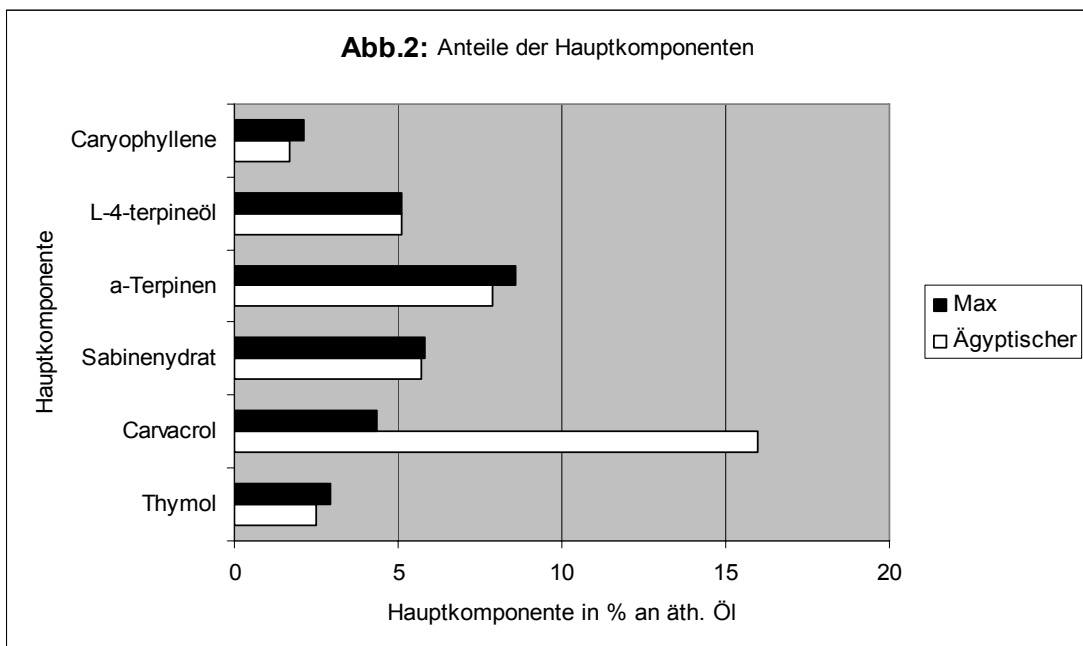
Technological Educational Institute (T.E.I) 41110 Larissa, Griechenland

* Institut für Pflanzenbau und -züchtung I der Justus-Liebig-Universität, Ludwigstrasse 23,
D-35390 Giessen

** Aristotelion Universität Thessaloniki, Griechenland



Aus der Zusammensetzung des ätherischen Öls ist zu ersehen dass Carvacrol bei Sorte "Ägyptischer" die Hauptkomponente darstellt und die anderen Hauptbestandteile beider Sorten ähnlich sind (Abb. 2).



Literatur

- Wogiatzi-Kamwoukou, E. 2004: Darstellung ausgewählter Arznei- und Gewürzpflanzen, (Orig. griechisch) Thessaloniki, Synchroni Pedia ISBN 960-357-065-6, S. 88-94
 Marquard, R. & E. Kroth 2002: Anbau und Qualitätsanforderungen ausgewählter Arzneipflanzen I. Agrimedia, ISBN 3-86037-184-3, S. 207-215.

Biodiversität von *Origanum* sp. aus der Wildflora Griechenlands

E. Wogiatzi-Kamwoukou, D. Tasiopoulos, N. Chouliaras, A. Tegou
& R. Marquard*

Einleitung

Die in Griechenland heimischen Arten der Gattung *Origanum* werden als Gewürz unter der Bezeichnung „Oregano“ gehandelt. Innerhalb der Gattung *Origanum* kommen die Arten *O. vulgare* (Stamm aus Olympus) und *O. onites* (Stamm von der Insel Ios) vor (1).

In Griechenland wird Oregano in der Wildflora gesammelt und auf den Märkten angeboten. In den letzten Jahren versucht man *Origanum*-Arten landwirtschaftlich zu kultivieren (2),(3).

Origanum gilt als Krautdroge mit der höchsten antioxidativen Wirkung unter den Gewürzpflanzen. Aus diesem Grund ist er von großer Bedeutung. Die antioxidative Wirkung wird auf die Hauptkomponenten Thymol und Carvacrol sowie auf eine Vielzahl polyphenolischer Verbindungen im ätherischen Öl zurückgeführt (1),(4). Im Rahmen dieser Arbeit sollte die Biodiversität von Oregano-Wildsammlungen untersucht werden und ob Origanumanbau in einer intensiv landwirtschaftlich genutzten Region in Mittelgriechenland erfolgreich sein könnte.

Material und Methoden

Von 4 Standorten, die auf Abb. 1 charakterisiert sind, wurden Samen aus der Wildflora gesammelt und auf der Versuchsstation des T.E.I. ausgesät. Durch dieses Verfahren sollten Umwelteinflüsse, die sich auf den verschiedenen Standorten auswirken, ausgeschaltet werden, so dass man davon ausgehen kann, dass die Populationen von *Origanum* eine starke Biodiversität auch auf einem Gebirge aufweisen. Die Untersuchung dauerte zwei Jahre.

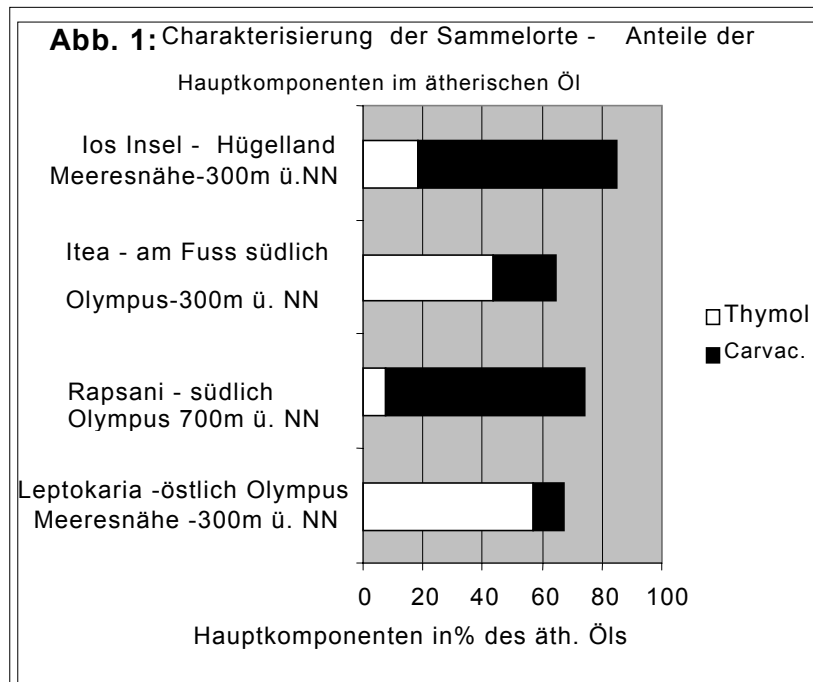
Untersucht wurden Vegetationsdaten, Erträge sowie Gehalte und Zusammensetzung des ätherischen Öls. Die Bestimmung des ätherischen Ölgehaltes erfolgte mittels Wasserdampfdestillation mit einer Electromantel ME Apparatur. Die Einwaage an Blüten-/Blätterdroge betrug 10g. Die Komponenten des ätherischen Öls wurden mittels Gaschromatographie/MS mit einem G.C.M.-System (Typ Agilent Technologies 7890 A) untersucht. Die Auftrennung des ätherischen Öls erfolgte an einer DB-WAX Kapillarsäule (30m x 0,25mm x 0,25µm) und die Auswertung über MS data-Nist Library Methode. Die Analysen wurden in Labor der Arzneipflanzenabteilung des T.E.I. in Larissa durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Zeit von Saatzeit bis Beginn der Wachstumszeit variiert zwischen den Arten *O. vulgare* und *O. onites* aber auch zwischen den Populationen. Die Zeit von Beginn bis Ende der Wachstumszeit ist bei den zwei Arten ähnlich. Andererseits variiert die Zeit zwischen den Ernten, bei den Populationen und zwischen den Arten.

Technological Educational Institute (T.E.I) 41110 Larissa, Griechenland

* Institut für Pflanzenbau und -züchtung I der Justus-Liebig-Universität, Ludwigstrasse 23,
D-35390 Giessen



Die statistische Auswertung weist einen Einfluss der Erntezeit und der Sorten auf die ätherischen Ölgehalte aus, indem die Ölgehalte bei der zweiten Sammlung im ersten Jahr höhere waren. Der Ölgehalt variiert bei der ersten Sammlung von 3,1% bis 7,1% und bei der zweiten Sammlung von 5,3% bis 11,4%. Die Ölgehalte waren somit deutlich höher als in der Literatur beschrieben (3),(4). Dies resultiert daraus, dass als Droge nur Blüten und Blätter und keine Stängel verwendet wurden; in gleicher Weise wurde bei allen Untersuchungen verfahren. Die Ölgehalte in der Stängeldroge lagen nur bei ca. 0,01%.

Im zweiten Anbaujahr ergab die Auswertung, dass bei den Chemotypen von Leptokaria, Rapsani und los die Ölgehalte bei beiden Ernten etwa gleich hoch waren (Leptokaria 6,5%, Rapsani 8,5%, los 4,5%). Bei dem Chemotyp von Itea war der Ölgehalt bei der ersten Ernte höher (Mittelwert 6,8%).

Das Eintrocknungsverhältnis lag bei allen untersuchten Mustern etwa bei 4:1. Im zweiten Anbaujahr auf der Versuchsstation des T.E.I. bei Larissa waren die Erträge bei allen Herkünften höher als im ersten Anbaujahr.

Bei den Anteilen der Ölkomponten bestehen offenbar genetische Unterschiede zwischen den Arten und den Populationen. Aus den Gaschromatogrammen ist zu ersehen, dass Carvacrol bei den Herkünften von der Insel aus los und von Rapsani sehr hoch sind (66,5 und 66,3%), während bei den Herkünften aus Itea und Leptokaria Thymol mit Anteilen von ca. 43,0 und 48,0% die Hauptkomponente darstellt.

Literatur

- Wagner, C.,E. Wogiatzi & W.Friedt 2004: Morphologische und genetische Charakterisierung von Oregano-Wildsammlungen, Tagungsband Jena, S.116-118
- Wogiatzi-Kamwoukou, E. 2004: Darstellung ausgewählter Arznei- und Gewürzpflanzen.(Orig. griechisch) hessaloniki, Synchroni Pedia ISBN 960-357-065-6, S.114-124
- Skroumpis, B. 1985, Arzneipflanzen und ätherische Öle. Thessaloniki, Jiachoudi- Jiapouli, S.149

Charakterisierung der genetischen Variabilität bei Petersilie (*Petroselinum crispum*)

H. Budahn, D. Ulrich*, U. Lohwasser**, T. Struckmeyer, H. Krüger**, A. Börner**
& F. Marthe

Einleitung

Die alte Kulturpflanze Petersilie (*Petroselinum crispum* (Mill.) Nym.) aus der Familie der Umbelliferae ist in Deutschland mit 1700 ha Anbaufläche die bedeutendste Gewürzpflanze. Taxonomisch werden die Convarietäten *crispum* und *radicosum* unterschieden. Letztere schließt alle Formen mit einer verdickten, rübenförmigen, nicht verholzten und schmackhaften Wurzel ein. Zur Convarietät *crispum* gehören neben der Wildform *silvestre* (glatte Blätter, verholzte Blattstiele und -rippen) die Varietäten *neapolitanum* (glatte Blätter, stark verlängerte Blattstiele), *vulgare* (glatte Blätter, nicht verholzte und nicht verlängerte Blattstiele) sowie *crispum* (krause Blätter). Diese Einteilung (Danert 1957) sollte mit Hilfe molekularer Marker einer kritischen Überprüfung unterzogen und mit den Resultaten von Inhaltsstoffanalysen verglichen werden. Material und Methoden An zwei Standorten (IPK, Gatersleben und ZGO, Quedlinburg) wurden jeweils 220 Prüfglieder angebaut. Hierbei handelt es sich um das komplette Sortiment der Deutschen Genbank im IPK in Gatersleben mit 201 Akzessionen sowie 19 Muster des ZGO in Quedlinburg. An beiden Standorten wurden neben morphologischen Merkmalen des Blattes und der Wurzel auch agronomische Daten erhoben. Aus Mischproben der einzelnen Populationen wurde nach Porebski et al. (1997) Gesamt-DNA isoliert. Die RAPD-Analyse folgte der Methode von Williams et al. (1990), die dpRAPD-Analyse dem Protokoll von Budahn et al. (2008) und die SRAP-Analyse jenem von Li und Quiros (2001). Die Auftrennung der amplifizierten Fragmente erfolgte nicht auf Agarose- sondern auf denaturierenden Polyacrylamidgelen in einer Sequigene GT, 38 x 50 cm Apparatur (BIO-RAD) mit anschließender Silberfärbung (Bassam et al 1991). Die AFLP-Amplifikationen erfolgten nach Vos et al. (1997) und die Auftrennung und Detektion mittels Licor 4300S. Nur eindeutige und starke Banden wurden als 1/0 Matrix erfasst. Mittels NTSYSpc (Exeter Software) wurde eine Distanzanalyse im UPGMA-Modus durchgeführt. Die flüchtigen Inhaltsstoffe wurden nach Homogenisierung mittels "headspace solid phase microextraction" (HS-SPME) an eine Glasfaser gebunden und nach Elution mittels Gas-Chromatographie analysiert. Das komplette Bandenmuster wurde in einem ungerichteten Ansatz einer Principle Component Analysis (PCA) unterworfen.

Material und Methoden

An zwei Standorten (IPK, Gatersleben und ZGO, Quedlinburg) wurden jeweils 220 Prüfglieder angebaut. Hierbei handelt es sich um das komplette Sortiment der Deutschen Genbank im IPK in Gatersleben mit 201 Akzessionen sowie 19 Muster des ZGO in Quedlinburg. An beiden Standorten wurden neben morphologischen Merkmalen des Blattes und der Wurzel auch agronomische Daten erhoben. Aus Mischproben der einzelnen Populationen wurde nach Porebski et al. (1997) Gesamt-DNA isoliert. Die RAPD-Analyse folgte der Methode von Williams et al.

Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst (ZGO) und

* Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz des Julius Kühn-Institutes (JKI), Bundesinstitut für Kulturpflanzen, Erwin-Baur-Straße 27, D-06484 Quedlinburg,

**Deutsche Genbank, Leibniz-Institut für Pflanzengenetik und Kulturpflanzenforschung (IPK), Corrensstraße 3, D-06466 Gatersleben

(1990), die dpRAPD-Analyse dem Protokoll von Budahn et al. (2008) und die SRAP-Analyse jenem von Li und Quiros (2001). Die Auftrennung der amplifizierten Fragmente erfolgte nicht auf Agarose- sondern auf denaturierenden Polyacrylamidgelen in einer Sequigene GT, 38 x 50 cm Apparatur (BIO-RAD) mit anschließender Silberfärbung (Bassam et al 1991). Die AFLP-Amplifikationen erfolgten nach Vos et al. (1997) und die Auftrennung und Detektion mittels Licor 4300S. Nur eindeutige und starke Banden wurden als 1/0 Matrix erfasst. Mittels NTSYSpc (Exeter Software) wurde eine Distanzanalyse im UPGMA-Modus durchgeführt. Die flüchtigen Inhaltsstoffe wurden nach Homogenisierung mittels "headspace solid phase microextraction" (HS-SPME) an eine Glasfaser gebunden und nach Elution mittels Gas-Chromatographie analysiert. Das komplette Bandenmuster wurde in einem ungerichteten Ansatz einer Principle Component Analysis (PCA) unterworfen.

Ergebnisse und Diskussion

Nach Auswertung von 206 molekularen Markern (22 RAPD-, 66 dpRAPD-, 53 SRAP- und 65 AFLP-Banden) wurde eine Distanzanalyse durchgeführt. Diese zeigte eine Teilung der 219 analysierten Herkünfte in zwei deutlich voneinander abgesetzte Hauptgruppen (132 und 87 Herkünfte). Alle Wurzelpetersilien finden sich in der kleineren Gruppe wieder und alle Genotypen mit krausem Blatt (mit einer Ausnahme) in der größeren Gruppe. Die Genotypen der Varietäten *vulgare* und *neapolitanicum* sind über beide Gruppen verteilt. (Tabelle 1).

Tab. 1: Verteilung von 219 Petersilienpopulationen zwischen vier Varietäten und zwei auf Basis molekularer Marker gebildeten Hauptgruppen

	<i>var. crispum</i>	<i>var. radicosum</i>	<i>var. vulgare</i>	<i>var. neapolitanum</i>	Gesamt
Hauptgruppe1	16	0	68	48	132
Hauptgruppe2	1	25	49	12	87

Eine Clusterung von Herkünften eines Landes oder einer Region deutet sich in einigen Fällen an. Die nichtzielgerichtete Analyse der flüchtigen Inhaltsstoffe ergab gleichfalls zwei Cluster, die nahezu vollständig mit der molekularen Einteilung übereinstimmen (Tabelle. 2).

Tab. 2: Verteilung von 219 Petersilienpopulationen zwischen zwei Chemotypen und zwei auf Basis molekularer Marker gebildeten Hauptgruppen

	Chemotyp 1	Chemotyp 2	Kein Ergebnis	Gesamt
Hauptgruppe 1	127	5	0	132
Hauptgruppe 2	7	78	2	87

Durch Destillation und Quantifizierung der einzelnen ätherischen Öle soll ermittelt werde, welche Einzelsubstanzen den größten diskriminierenden Effekt zwischen den Gruppen haben. Die Resultate von gegenwärtig laufenden Untersuchungen zu Resistenz und Geschmack sollen mit diesen Datensätzen korreliert werden.

Literatur

- Bassam, B.J.; Caetano-Anolles, G.; Gresshoff, P.M. (1991) Fast and sensitive silver staining of DNA in polyacrylamide gels. *Anal Biochem* 19 (1): 80-83
 Budahn, H.; Schrader, O.; Peterka, H. (2008) Development of a complete set of disomic rape-radish chromosome-addition lines. *Euphytica* 162:117-128
 Danert, S. (1959) Zur Gliederung von *Petroselinum crispum* (Mill.) Nym. *Kulturpflanze* 7: 73-81

***Phytophthora*-tolerante Tomaten im Freiland - Nutzung genetischer Ressourcen in Züchtung und Anbau**

B. Horneburg & H. C. Becker

Einleitung

Tomaten sind seit dem Beginn ihrer Verbreitung in Deutschland am Anfang des letzten Jahrhunderts zum wichtigsten Gemüse geworden. Im Inland werden im Erwerbsanbau jedoch nicht einmal 10% des Bedarfs erzeugt (FAO 2007). Ein wesentlicher begrenzender Faktor für die Ausweitung der Produktion ist das Auftreten der Kraut- und Braunfäule (*Phytophthora infestans*) im Ressourcen schonenden Freilandanbau: Die Erregerrassen befinden sich im Wandel und seit vier Jahrzehnten nimmt die Virulenz zu (Rullich et al. 2002, Lebreton und Andrivon 1998). Projektziel in den Jahren 2003-2006 war 1) als Resultat eines Screenings geeignete Sorten zu empfehlen, 2) Kenntnis über die regionale Bedeutung von *Phytophthora* zu erlangen und 3) eine geeignete Nutzung für die kleinfrüchtigen Wildtomaten zu entwickeln.

Material und Methoden

Das Screening fand auf der Grundlage von 3.500 Akzessionen statt. In engem Kontakt mit Genbanken, NGO, dem Saatguthandel und privaten ErhalterInnen wurden 92 Sorten für den Vergleichsanbau in ökologisch wirtschaftenden Betrieben in Schönhagen / Thüringen, Ellingerode / Hessen und Rhaderfehn / Ostfriesland ausgewählt. Die Zahl der Sorten wurde von 2003 bis 2006 reduziert; einige zusätzliche Sorten mit besonderer Anbaueignung in der Sichtung an einem Ort wurden aufgenommen. Je Ort wurden 2 Wiederholungen mit je 2 Pflanzen (2006: 3 x 2) angelegt. Versuchsanlage und Pflegemaßnahmen förderten *Phytophthora*-Infektionen. Jährlich wurde eine Gruppe von 10-12 Sorten deutschlandweit an 25-35 Orten in einem Ringversuch getestet. Beteiligt waren Haus- und Erwerbsgartenbau, Botanische und andere öffentliche Gärten sowie Forschungseinrichtungen. Hier wurde auch die Anbauweise von Wildtomaten entwickelt. Die besten Sorten des Screenings wurden im Kreuzungsprogramm verwendet, um die wichtigen Eigenschaften Frühzeitigkeit, Feldresistenz gegen *Phytophthora*, hohes Ertragsniveau und gute Fruchtqualität zu verbinden. Kreuzungen in späteren Generationen wurden in das Screening 2005-2006 einbezogen.

Ergebnisse und Diskussion

Nach 4 Jahren des Screenings ließ sich die Herkunft nutzbarer Biodiversität wie folgt aufschlüsseln: Von den 18 geeignetsten Sorten wurden 83,3% von NGO und privaten ErhalterInnen bezogen (arbeiten ökologisch), 11,1% aus Genbanken (konventionell) und 5,6% aus dem Handel (konventionell). Die Top Ten-Sorten umfassen Wild-, Cocktail-, Salat-, Koch- und Fleischtomaten. Probe-Saatgut ist erhältlich.

In dreiertigen und vierjährigen Versuchen war der Einfluss von Sorten (Tab. 1), Orten und Jahren auf den *Phytophthora*-Befall groß. Interaktionen zwischen Orten und Sorten waren gering oder fehlten.

Tab. 1: Varianzkomponenten für *Phytophthora*-Infektionen dreiertig 2003-2006

Jahre	Zahl der Sorten	Varianzkomponenten				Heritabilität
		Sorten	Sorten x Orte	Sorten x Jahre	Sorten x Orte x Jahre	
Krautfäule ¹⁾						
2003-2004	44	1051**	0	266.8**	1053.0**	86.61
2003-2005	22	1588**	57.02	224.6**	605.0**	94.31
2003-2006	10	1772**	146.8*	76.9	629.5 ²⁾	96.11
2005-2006	17	1993**	206.3*	49.3	373.8 ²⁾	95.82
Braunfäule ¹⁾						
2003-2004	44	970*	0	354.9**	1291.0**	81.74
2003-2005	22	1512**	74.31	653.9**	708.5**	85.86
2003-2006	10	785**	84.41+	429.4**	481.1 ²⁾	84.18
2005-2006	17	1284**	77.12	734.1**	483.4 ²⁾	74.15

0 negative Schätzwerte

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve; bonitiert nach Horneburg (2006)

²⁾ Der Schätzwert enthält einen Teil des Versuchsfehlers und wurde nicht auf Signifikanz getestet

+, *, ** signifikant bei 0.10, 0.05, 0.01 Irrtumswahrscheinlichkeit

Phytophthora-tolerante, kleinfrüchtige und stark verzweigt wachsende Wildtomaten wurden bisher nur marginal genutzt. In Tab. 2 ist die Leistung einer weiten Kreuzung zwischen Wild- und Salattomate dargestellt. Der relative Wert für *Phytophthora*-Infektionen (Mittel 2003-2004, Matina = 100) war 56 für Krautfäule und 50 für Braunfäule. Die F4- und F5-Generationen vereinigten die wichtigen Merkmale hohe Feldresistenz gegen *Phytophthora* und lange Ernteperiode; im Screening 2006 war dieser Genotyp der ertragsstärkste.

Tab. 2: Leistung der Salattomate Matina und ihrer Kreuzung mit der Wildtomate Golden Currant in der F4- und F5-Generation. Dreiertiges Mittel 2005-2006

	Fruchtgewicht	Ertrag bis 15.9. in g/Pflanze	Ertrag bis 15.10. in g/Pflanze	Ernteperiode in Tagen	Krautfäule ¹⁾	Braunfäule ¹⁾
Matina	56	934	1273	50	282	204
Golden Currant x Matina	32	1145	1791	60	223	162

¹⁾ Fläche unter der Befallskurve; bonitiert nach Horneburg (2006)

Fazit: Material außerhalb von Handel und Genbanken ist von großer Bedeutung. Es wurden keine entscheidenden regionalen Unterschiede in der Wirt-Pathogen-Beziehung beobachtet. Wildtomaten können in Züchtung und Anbau genutzt werden.

Wir danken der Rut- und Klaus-Bahlsen Stiftung, dem Bundesprogramm Ökologischer Landbau und den KollegInnen in den beteiligten Einrichtungen!

Literatur

- Horneburg B. 2006: Tomaten im Freiland: Die Suche nach *Phytophthora*-toleranten Sorten für den ökologischen Anbau. Votr. Pflanzenzüchtg. 70: 99-104.
- Lebreton, L. und D. Andrivon, 1998: French isolates of *Phytophthora infestans* from potato and tomato differ in phenotype and genotype. European Journal of Plant Pathology 104: 583-594.
- FAO (2007): <http://faostat.fao.org/site/340/DesktopDefault.aspx?PageID=340>, besucht am 20.9.2007.
- Rullich, G., B. Schöber-Butin, F. Niepold und J. Habermeyer, 2002: Alte und neue Populationen von *Phytophthora infestans* in Deutschland. Nachrichtenbl. Deut. Pflanzenschutz. 54: 152-155

Visualisation of the genotypic structure of partially allogamous populations

W. Link

Introduction

The genotypic variance σ^2_G of partially allogamous populations ($0\% \ll s \ll 100\%$; s = degree of self-fertilization) in equilibrium is very much influenced by heterosis. Such populations are composed of cohorts of individuals with different inbreeding status F . Heterotic differences between these cohorts of plants inflate σ^2_G compared to purely self- or cross-fertilized populations. This inflated genotypic variance contains the 'classical' additive and dominance variance, σ^2_A and σ^2_D ; in addition the minor parameters D_1 , D^*_2 , H^* ; and the important parameter H^2 (square of the total heterosis). H^2 captures the heterotic differences between means of the cohorts.

$$\sigma^2_G = (1+F) \sigma^2_A + (1-F) \sigma^2_D + 4FD_1 + FD^*_2 + F(1-F)H^* + \{[F(1-F^2)]/(2+F)\} [H^2 - H^*]$$

This specific population structure causes the immediate (realized) gain from mass selection to be larger than the sustainable, permanent gain; the immediate heritability h^2_{imm} is larger than the permanent heritability h^2_{perm} (Cockerham & Weir, 1984; Kelly and Williamson, 2000).

Materials and Methods

The distribution of genotypic values of the members of such populations is graphically displayed for different genetic situations. To compare two with three and four alleles per locus, the frequency of the first allele, was kept constant ($p_1=0.4$), and the frequency of the second allele ($p_2=0.6$) was evenly distributed to either $p_2=p_3=0.3$ or $p_2=p_3=p_4=0.2$. A 'trait' with constant allele frequency across loci, constant allele number and allele effects was constructed. The genotypic values per locus were chosen to keep the inbred minimum constant (*c.f.* Figures 1a to 1c). The cases shown are:

- Fig. 1a with $s = 67\%$, full dominance, two, three or four alleles, 100 loci;
- Fig. 1b with $s = 50\%$, full dominance, four alleles, with 100 or 60 or 20 loci,
- Fig. 1c with $s = 50\%$, four alleles, 20 loci, with $d=a$, $d=0$, or $d=-a$.

Results and Discussion

The distribution of the genotypic values of a partially allogamous population in equilibrium status was shown in detail by Abel and Link (2002) for two alleles per locus. The authors pointed out that mass selection for heterotic traits suffers from a specific disadvantage in such situations: $h^2_{perm} < h^2_{imm}$; whereas progeny testing and selection largely overcomes this disadvantage.

Here, the distribution of such populations is displayed for several model situations. In case of more than two alleles, the two-peaked shape of the populations (hence, the difference between h^2_{perm} and h^2_{imm}) tends to be more pronounced (Figure 1a). This is mainly caused by the fact that with more alleles, the populations shows a higher degree of heterozygosity, and in case of dominance thus a higher impact of the inbreeding coefficient on the individual and cohort-wise genotypic values.

In case of a smaller number of loci (Figure 1b; 20 compared to 60 compared to 100), the single-locus contributions were chosen to keep the mean value of the population and of the cohorts within the populations constant.

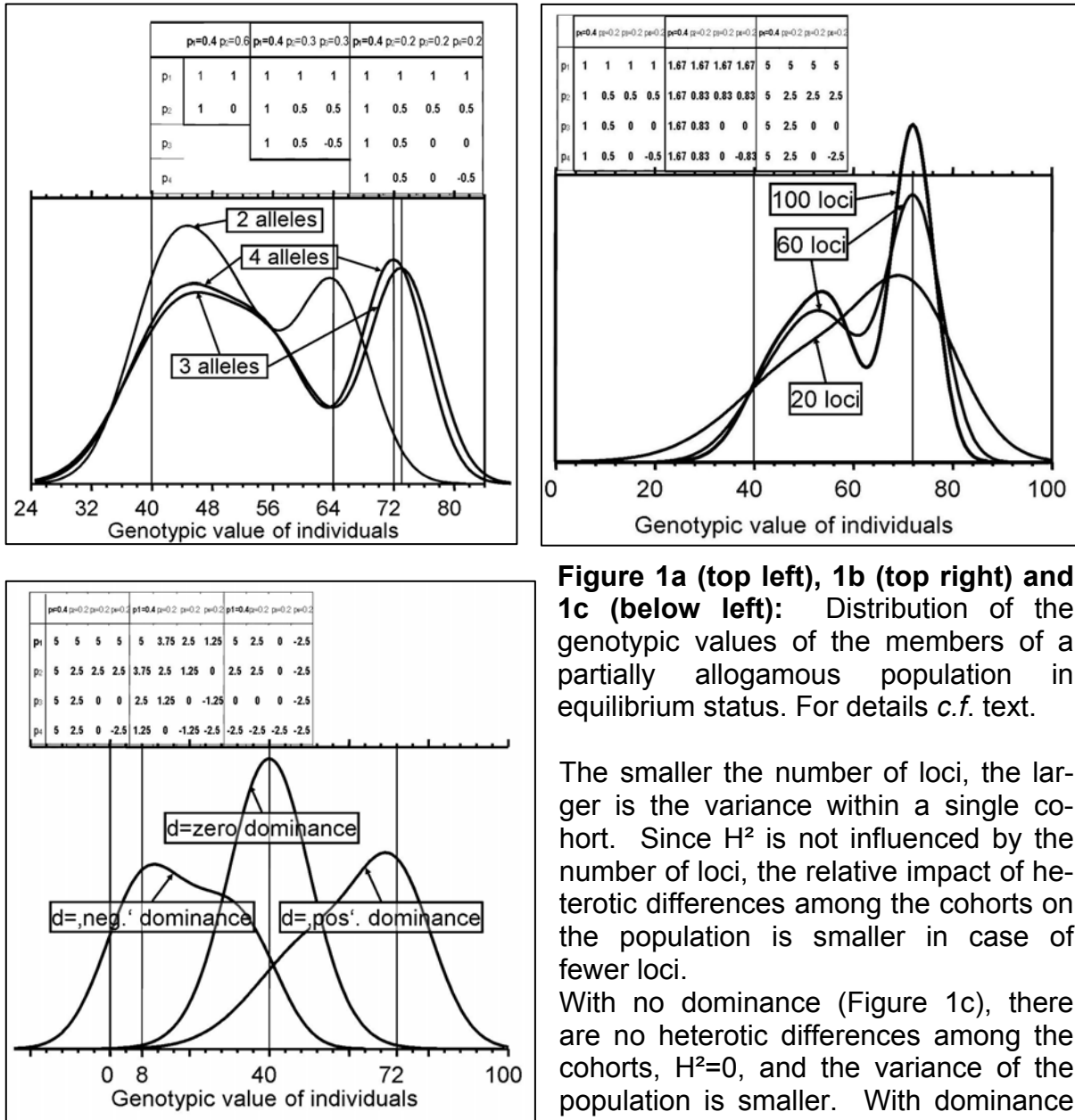


Figure 1a (top left), 1b (top right) and 1c (below left): Distribution of the genotypic values of the members of a partially allogamous population in equilibrium status. For details c.f. text.

The smaller the number of loci, the larger is the variance within a single cohort. Since H^2 is not influenced by the number of loci, the relative impact of heterotic differences among the cohorts on the population is smaller in case of fewer loci.

With no dominance (Figure 1c), there are no heterotic differences among the cohorts, $H^2=0$, and the variance of the population is smaller. With dominance for 'decrease', the purely heterotic

parameters σ_D^2 , H^* , D^2 and H^2 are identical to the case of dominance for 'increase', and the overall shape the genotypic distribution behaves accordingly.

The relations of $h_{perm}^2 < h_{imm}^2$ in Figure 1a were $0.159 < 0.426$, $0.105 < 0.399$, and $0.103 < 0.397$ for two, three and four alleles per locus, respectively.

Literature

Abel, S. und W. Link, 2002: Visualisierung der genotypischen Struktur partiell allogamer Populationen und züchterische Konsequenzen. Vortr. Pflanzengüchtg. 54: 461-464.
 Cockerham C.C. and B.W. Weir, 1984: Covariances of relatives stemming from a population undergoing mixed self and random mating. Biometrics 40: 157-164.
 Kelly, J.K., and S. Williamson, 2000: Predicting response to selection on a quantitative trait: A comparison between models for mixed-mating populations. Journal of Theoretical Biology 207: 37 – 56.

Untersuchung genotyp-bedingter Effekte auf die Proteinqualität von Deutsch Weidelgras (*Lolium perenne* L.)

M. Lösche, H. Salama, M. Gierus, A. Herrmann & F. Taube

Einleitung

Deutsches Weidelgras gehört aufgrund seines hohen Ertragspotentials und der ebenfalls hohen Energiedichte zu den bedeutendsten Futtergräsern im nordwest-europäischen Raum. Eines der Hauptprobleme, welches bei der Beweidung und der Fütterung des Grases auftritt, liegt in der ineffizienten Nutzung des im Futter enthaltenen Proteins durch das Tier. Aufgrund der hohen Abbaugeschwindigkeit einiger Proteinverbindungen findet im Pansen des Tieres ein zeitlich versetzter Abbau von Proteinen und Kohlenhydraten statt. Resultierend daraus reichert sich im Pansen Nicht-Proteinstickstoff an, der zu großen Anteilen in Form von Harnstoff ungenutzt im Urin ausgeschieden wird. Eine Voraussetzung zur Verbesserung der geringen N-Nutzungseffizienz ist die Steigerung des Anteils an wahrem Protein (Faktion B), welches im Pansen verlangsamt abgebaut wird. Auf diese Weise ließe sich die Synchronisation der ruminalen Protein- und Energieversorgung verwirklichen. Voraussetzung dafür sind jedoch genauere Kenntnisse über die im Futter enthaltenen Protein- und Kohlenhydratfraktionen. Das Ziel des Projektes lag darin, auf Basis des Cornell Net Carbohydrate and Protein Systems (CNCPS) zu prüfen, ob innerhalb einer Auswahl von 20 diploiden Deutsch Weidelgras Sorten des mittelfrühen Sortimentes signifikante Unterschiede hinsichtlich der Proteinqualität auftreten und ob Sorten selektiert werden können, die aufgrund der Zusammensetzung der Proteinfraktionen potentiell höhere N-Nutzungseffizienzen in der Wiederkäuerernährung aufweisen.

Material und Methoden

Ein Sortiment von 20 mittelfrühen, diploiden Deutsch Weidelgras Sorten wurde an 3 Standorten über 2 Jahre (2006, 2007) in einer einfaktoriellen Blockanlage mit 3 Wiederholungen geprüft. Hier dargestellt werden Ergebnisse des ersten Versuchsjahres. Die N-Düngung in Höhe von 300 kg N/ha wurde in vier Teilgaben (100-80-80-40) appliziert. Die Ernte erfolgte maschinell mit einem Haldrup Parzellenernter. Während am ersten Versuchsstandort fünf Aufwüchse geerntet wurden, konnten am zweiten und dritten Standort lediglich jeweils drei und vier Aufwüchse beprobt werden. Vor der NIRS Messung des Probenmaterials wurde dieses zunächst schonend bei 58°C getrocknet und anschließend in einer Cyclotec Mühle zu 1 mm vermahlen. Die Analyse der Proteinfraktionen erfolgte auf Grundlage des CNCPS. Der Anteil an Nicht-Protein Stickstoff (Fraktion A), rasch abbaubarem Protein (Fraktion B1) und langsam und nicht abbaubarem Protein (Fraktion B3 und C) wurde basierend auf dem von Licitra *et al.* (1996) entwickelten Verfahren gemessen, Fraktion B2 rechnerisch ermittelt. Die Messung der jeweiligen Stickstoffgehalte der einzelnen Fraktionen erfolgte mittels C/N Analyser. Die gewichteten Jahresmittel der Gehalte der Proteinfraktionen wurden einer 2-faktoriellen Varianzanalyse (Sorte, Ort) unterzogen. Die Mittelwertvergleiche erfolgten mittels Student t- Test und anschließender Bonferroni-Holm Korrektur.

Ergebnisse und Diskussion

Die varianzanalytische Auswertung der einzelnen Fraktionen zeigte, dass für den Rohproteingehalt (RP) und die Konzentrationen an Fraktion A und B1 der untersuchten Sorten keine signifikanten Unterschiede festgestellt werden konnten. Dagegen waren für die übrigen drei Fraktionen Sortenunterschiede absicherbar. Die Variationsbreite lag für Fraktion B2 zwischen 166 g N/kg Nges und 217 g N/kg, wobei Sorte 1 den signifikant höchsten und Sorte 8 den geringsten Wert aufwies. Die für Fraktion B3 ermittelten Gehalte schwankten in einem Bereich von 281 bis 313 g N/kg Nges. Die höchsten Gehalte konnten bei den Sorten 7 und 8 nachgewiesen werden, während Sorte 1 den geringsten Wert zeigte. Die Analyse von Fraktion C ergab, dass die Sorte 15 mit 158 g N/kg Nges die signifikant höchsten Gehalte an Fraktion C aufwies, wohingegen bei Sorte 10 mit 128 g N/kg Nges der geringste C-Anteil nachgewiesen werden konnte.

Bei der fraktionsübergreifenden Betrachtung der einzelnen Sorten wies Sorte 10 aufgrund ihrer geringen Gehalte an Fraktion A und Fraktion C und der hohen Fraktion B Anteile die potentiell besten Voraussetzungen für eine höhere N-Nutzungseffizienz auf. Ebenfalls positiv schnitten die Sorten 4, 13 und 18 ab. Dagegen deuten die hohen Fraktion A und Fraktion C Gehalte verbunden mit den geringen Gehalten an Fraktion B der Sorte 20 auf eine potentiell geringe N-Nutzungseffizienz beim Wiederkäuer hin. Die Proteinzusammensetzung der Sorten 14 und 15 lassen ebenfalls eine geringe N-Nutzungseffizienz vermuten. Um letztendliche Aussagen bestätigen zu können ist jedoch eine weitere Überprüfung am Tier erforderlich.

Tab.1: Einfluss des Genotyps auf den Gehalt der einzelnen Fraktionen (g N / kg Nges) im Jahresmittel; die Gehalte wurden mittels NIRS geschätzt.

Sorte	RP (%)	Fraktion A	Fraktion B1	Fraktion B2	Fraktion B3	Fraktion C
1	12,9 ^a	274 ^a	107 ^a	217 ^a	281 ^d	135 ^{abc}
2	12,5 ^a	288 ^a	104 ^a	204 ^{ab}	289 ^{bcd}	136 ^{abc}
3	13,3 ^a	271 ^a	108 ^a	192 ^{ab}	198 ^{abcd}	138 ^{abc}
4	13,7 ^a	270 ^a	114 ^a	192 ^{ab}	302 ^{abc}	131 ^{bc}
5	12,8 ^a	281 ^a	102 ^a	203 ^{ab}	296 ^{abcd}	142 ^{abc}
6	12,7 ^a	287 ^a	101 ^a	203 ^{ab}	297 ^{abcd}	141 ^{abc}
7	14,1 ^a	275 ^a	114 ^a	178 ^{bcd}	309 ^a	151 ^{abc}
8	13,7 ^a	281 ^a	105 ^a	166 ^d	313 ^a	154 ^{ab}
9	13,7 ^a	269 ^a	110 ^a	179 ^{bcd}	301 ^{abc}	140 ^{abc}
10	13,3 ^a	272 ^a	110 ^a	205 ^{abc}	303 ^{ab}	128 ^c
11	14,0 ^a	279 ^a	107 ^a	201 ^{ab}	300 ^{abc}	140 ^{abc}
12	13,6 ^a	276 ^a	105 ^a	182 ^{bcd}	303 ^{ab}	145 ^{abc}
13	13,0 ^a	268 ^a	113 ^a	187 ^{bcd}	305 ^{ab}	140 ^{abc}
14	13,2 ^a	285 ^a	101 ^a	193 ^{ab}	301 ^{abc}	145 ^{abc}
15	13,5 ^a	278 ^a	106 ^a	182 ^{bcd}	299 ^{abcd}	158 ^a
16	13,6 ^a	281 ^a	110 ^a	195 ^{ab}	301 ^{abc}	135 ^{abc}
17	13,8 ^a	271 ^a	106 ^a	189 ^{bcd}	299 ^{abcd}	148 ^{abc}
18	14,2 ^a	273 ^a	111 ^a	201 ^{ab}	297 ^{abcd}	138 ^{abc}
19	12,7 ^a	274 ^a	109 ^a	194 ^{ab}	298 ^{abcd}	148 ^{abc}
20	12,7 ^a	288 ^a	100 ^a	203 ^{ab}	283 ^{bcd}	149 ^{abc}

Literatur

Licitra G., Hernandez, T.M., Van Soest P.J. (1996): Standardization of procedures for nitrogenfractionation of ruminant feeds. *Animal Feed Science and Technology* 57: 347-358.

Assessing the multipurpose use of contrasting cowpea plant types (*Vigna unguiculata* Walp.) to foster the improvement of leaf yield quality for human consumption

S. Polreich & B. L. Maass

Einleitung

Commonly farmers in sub-Saharan Africa practice low input agriculture. Poor infrastructure, unpredictable rainfall patterns, poor soils, and insufficient food storage facilities cause temporary food shortages and decrease the quality and availability of food in their households. Cowpea is an important leafy vegetable in Africa (Bittenbender *et al.*, 1984), which is adapted to marginal farming conditions (Hall and Patel, 1985, Eloward and Hall, 1987). No breeding strategies have been developed as yet to improve leaf traits for human consumption. Cowpea has been considered either as leafy vegetable, grain legume, or dual-purpose crop for grain and animal feed, but not as multipurpose crop, as humans consume both, leaves and grain. Plant types of multipurpose use for human consumption could enrich the intra-specific diversity in cowpea-cropping systems significantly. On the other hand, the seed yield remains most important for the acceptance of cowpea varieties by small-scale farmers, not at least due to the higher market value. A yield index is introduced that helps evaluating cowpeas for site-specific multipurpose use and promoting plant types to improve leaf yield traits for human consumption.

Material und Methoden

In November 2007, 13 different cowpeas, comprising determinate and indeterminate, spreading and erect plant types were planted in three times replicated randomized complete block designed trials at the World Vegetable Center (AVRCD-RCA) in Arusha, Tanzania. The two locally most common cowpeas were used as checks. Leaf harvest was started when plants developed the 4th branch. All young leaves were picked repeatedly every two weeks until the plants did not produce further leaves or 80% of the pods reached the maturity. The leaf fresh weight was taken immediately after harvest. Pods were threshed and seed yield was determined by weighing at approximate seed moisture content of 12%. Seven of the 13 cowpeas were given to three households to be evaluated at their farms. Every household gave a feedback on their perception of each cowpea. In order to assess several yield traits at once and to evaluate the physiological potential of different cowpeas as multipurpose plant for leaf and seed production, a yield index (*YW*) was developed. *YW* is defined as:

$$YW = Y_i \times YA_i \times RL_i (CV_i \geq CV_c, 1, 0)$$

where, Y_i is the mean seed yield per plant of the i^{th} accession, YA_i is the seed yield acceptability of the i^{th} accession, based on the relative mean seed yield per plant and relative STD of the mean seed yield per plant, RL_i is the relative accumulated leaf yield per plant of the i^{th} accession, CV_i is the variance coefficient of mean leaf yield per leaf harvest of the i^{th} accession, and CV_c is the variance coefficient of mean leaf yield per leaf harvest of one of the local checks. The check with a higher CV is used as reference. If the CV_i is lower than CV_c , the respective accession is weighed 1, otherwise 0.

Ergebnisse und Diskussion

The yield index (*YW*) indicates that only two cowpeas can be considered for leaf yield improvement (Tab 1). It can be assumed that the local farmers would accept these accessions because sufficient seed together with leaf yield quantity, as well as the variance of mean leaf yield are in a tolerable range. The relative leaf yield (*RL*) shows that local checks are hardly outperformed in terms of leaf harvest. Check 1 had the highest leaf yield of all tested cowpeas and the reference *CV* of Check 2 was below the nine other cowpeas, pointing at its relatively constant leaf yield over several harvests.

Tab 1: Mean seed yield per plant (*SY*), relative total leaf yield (*RL*), seed yield acceptability (*YA*), variance coefficient of mean leaf yield per leaf harvest (*CV*), which is 1 if the tested accession outperforms the local check, otherwise 0, and yield index (*YW*) of cowpea accessions from an on-station trial with four replications at AVRDC-RCA.

Cowpea	<i>SY</i>	<i>RL</i>	<i>YA</i>	<i>CV</i>	<i>YW</i>
Dakawa	27.8	0.8	1	1	22.3
Check 1	17.5	1.0	1	1	17.5
IT 93K-2045-29	15.1	0.7	1	1	10.9
Check 2	12.7	0.9	1	0	0.0
Vuli	23.7	0.7	1	0	0.0
ML-CP-2	29.0	0.6	1	0	0.0
Ex Iseke	28.3	0.6	1	0	0.0
IT 97K-1068-7	17.4	0.4	1	0	0.0
Ngoji	12.1	0.9	0	0	0.0
ILRI 11114	31.4	0.8	0	0	0.0
UG-CP-2	7.0	0.6	0	0	0.0
UG-CP-9	13.2	0.4	0	0	0.0
ILRI 15742	13	0.4	0	0	0.0

We found that high-yielding (either of leaves or seed) cowpeas are not necessarily the most suitable for fresh leafy vegetable supply to local small-scale farm households. Already on a relatively small scale, farmers had complex and very individual perceptions of cowpeas. The cowpeas with high *YW* would not be accepted because of the quantitative yield traits alone, which are components of *YW*. To improve the leaf yield quality of the local gene pool, farmers need to have a greater choice among multipurpose plant types. Hereby, the yield index facilitates the choice of multipurpose cowpeas that can be further evaluated in participatory trials by farmers. This study is still in progress; hence the yield index was applied to a very limited data set. For instance, the threshold for the seed yield acceptability (*YA_i*) was drawn somehow arbitrary and based on only one cropping season and location.

Literatur

- Bittenbender, H.C.; Barrett, R.P. and B.M. Indire-Lavusa. 1984. Beans and Cowpea as Leaf Vegetables and Grain Legumes. Occasional Monograph Series, No. 1, Bean/Cowpea CRSP, Michigan State University, East Lansing, MI, USA, 34.
- Eloward, H.A.O and Hall, A.E., 1987. Influences of Early and Late Nitrogen Fertilization on Yield and Nitrogen Fixation of Cowpea under Well-watered and Dry fields. *Field Crops Research* 15: 229-244
- Hall, A.E. and Patel, P.N., 1985. Breeding for Resistance to Drought and Heat. In: eds. S.R. Singh and K.O. Rachie, *Cowpea Research, Production and Utilization*. Wiley, New York, pp. 137-151

Induzierte Mutationen zur Erhöhung der genetischen Variabilität bei der Blauen Süßlupine (*Lupinus angustifolius* L.)

E. Rudloff & P. Wehling

Einleitung

Die Geschichte der Süßlupinenzüchtung ist ein Beispiel für die bewusste Nutzung spontaner Mutationen, durch die unerwünschte Wildart-Merkmale wie hoher Alkaloidgehalt, Samen- und Hülsenschütte oder Hartschaligkeit eliminiert wurden. Die Selektionsarbeiten, die vor 80 Jahren mit der Identifizierung von alkaloidarmen ("süßen") Mutanten durch R. v. Sengbusch begannen und durch die Entdeckung weiterer wertvoller Spontanmutationen ergänzt wurden, bildeten die Basis für eine erfolgreiche Süßlupinenzüchtung (v. Sengbusch 1943, Hondelmann 1996). Die Anforderungen der modernen Landwirtschaft an die Sortenzüchtung verlangen nach einer Erweiterung der genetischen Variabilität, wofür sich die induzierte Mutagenese anbietet. Mit dieser Absicht wurde im Jahr 2006 ein Mutationsprogramm mit der Süßlupinensorte 'Boruta' (*L. angustifolius*) begonnen. Über die dafür entwickelte Methode und den Einfluss verschiedener Applikationsvarianten wird im Folgenden berichtet.

Material und Methoden

Die Sorte 'Boruta' (Züchter: Saatzucht Steinach GmbH) ist eine endständige Sorte mit einer TKM von 148 g. Die Mutagenese wurde mit Ethylmethan-Sulfonat (EMS; Sigma-Aldrich, Taufkirchen) durchgeführt. In Vorversuchen wurden die für die simultane Behandlung von 40.000 Korn wichtigen Parameter (z.B. Volumen der gequollenen Körner, Volumen der EMS-Lösung) ermittelt. Die Wirkung von EMS-Konzentration und Applikationsdauer wurde an je 450 Korn in 6 Varianten (Var.1-6, Tab. 1) geprüft. Der Einfluss der Quelldauer auf die Keimfähigkeit wurde in Var. 7-9 mit Wasser geprüft. Als Kontrolle wurden nicht vorgequollene Körner verwendet.

Tab. 1: Behandlungsvarianten

Variante	1	2	3	4	5	6	7	8	9
EMS (%)	1,75	1,75	1,75	2,3	2,3	2,3	0	0	0
Dauer (h)	3	4	5	3	4	5	3	4	5

Das Vorquellen erfolgte für 24 h in Wasser bei Dunkelheit und 10 °C; daran schloss sich die Applikation (Var. 1-9) an. Das Volumen von 40.000 Korn betrug im trockenen Zustand 5.040 cm³ und stieg nach 24 h Quellen auf 14.400 cm³. Für die submerse Behandlung wurden daher 15 l EMS-Lösung eingesetzt. Je 500 g Körner wurden in einen perforierten Plastikbeutel gegeben, der mit einem langen Draht verschlossen wurde und ein berührungsfreies Hantieren während der EMS-Behandlung erlaubte. Die Inaktivierung des EMS erfolgte mit 240 mM Natriumthiosulfat und eine Nachwäsche für 24 h mit Wasser. Die M₁-Körner jeder Variante wurden nach dem Rücktrocknen in drei Wiederholungen zu je 150 Korn in Parzellen von 5 Reihen (Pflanzenabstand 10 x 10 cm) per Hand ausgelegt. An Var. 1-9 wurden die M₁-Pflanzen 69 Tage nach Aussaat (DAP) und in Var. 1-6 die erntereifen M₁-Pflanzen zu 4 Terminen (104, 111, 127, 138 DAP) sowie die fertilen Pflanzen gezählt. Für jede

beerntete M₁-Pflanze wurde die Kornzahl/Pflanze ermittelt. Der statistische Vergleich der Variantenmittelwerte wurde mit dem Tukey-Test ($\alpha= 0.05$) durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Im Hinblick auf die *Anzahl etablierter Pflanzen* 69 DAP zeigten EMS-Konzentration und –Behandlungsdauer als Einzelfaktoren keinen erkennbaren Trend (Abb. 1). Hingegen lag die Kombination der jeweils höchsten Stufen (Var. 6) signifikant unter den Var. 1, 2, 3 und 5. In den nicht mit EMS behandelten Varianten 7-10 waren 113, 128, 128 bzw. 130 etablierte Pflanzen vorhanden, die Differenzen waren nicht signifikant. Der *Anteil fertiler Pflanzen* nahm mit steigender Konzentration und Applikationsdauer ab. In Variante 5 und 6 waren 52 % bzw. 71 % der Pflanzen steril. Die *Kornzahl/Pflanze* sank bei 1,75 % EMS mit steigender Applikationsdauer. Bei 2,3 % EMS zeigte sich dieser Trend nicht mehr. Die höhere Kornzahl in Var. 6 erklärt sich aus dem Auftreten vitaler Pflanzen mit besonders hohem Besatz an fertilen Hülsen; 8 der 18 fertilen Pflanzen (44 %) trugen mehr als 100 Körner, während der Anteil entsprechender Pflanzen in den übrigen Varianten 1,5-5 % betrug. Dies beruht vermutlich auf einem versuchsbedingten Fehler.

In vorliegender Studie erwies sich die Fertilität der M₁-Pflanzen im Vergleich zur Überlebensrate als der sensitivere Indikator für die EMS-Wirkung. Auch im Hinblick auf die zahlenmäßige Ausbeute von M₂-Linien sowie deren realisierbaren Umfang ist die Fertilität relevanter. In dem 2006 gestarteten Programm wurde die EMS-Behandlung nach Variante 2 (1,75 % EMS, 4 h) durchgeführt und 27.30₁ M₂-Linien erzeugt und 2008 in den ersten 666 M₃-Linien bereits eine große Zahl homogener Linien beobachtet, die auf erbliche Veränderungen nach EMS-Applikation hinweisen.

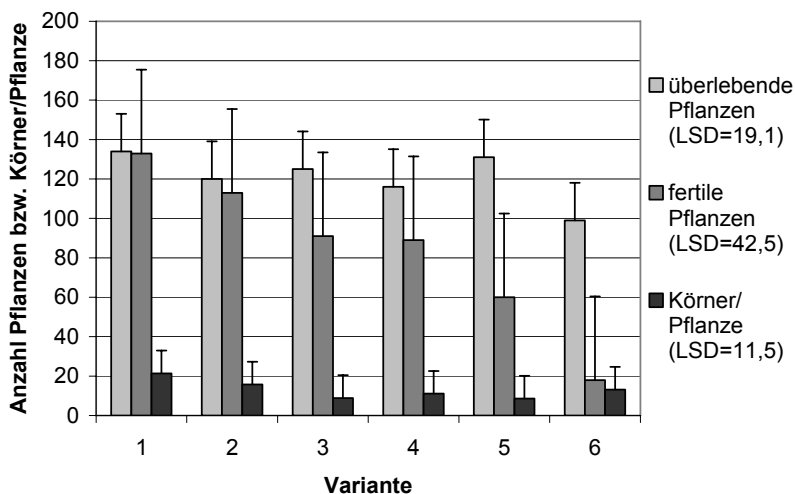


Abb. 1:
Überlebensrate und Fertilität bei den Applikationsvarianten 1-6 (Mittelwerte aus 3 Wdhl., LSD)

Literatur

- Hondelmann, W. 1996: Die Lupine. Geschichte und Evolution einer Kulturpflanze. Landbauforschung Völkenrode, Sonderheft 162
von Sengbusch, R. 1943: Süßlupinen und Öllupinen. Die Entstehung einiger neuer Kulturpflanzen. Reichsnährstandsverlag, Berlin

Identifizierung von eng mit dem „Pillar“-Gen gekoppelten AFLP- und SSR-Markern beim Pfirsich (*Prunus persica*)

O. Sajer, R. Scorza*, A. Abbott** & R. Horn

Einleitung

Pfirsichbäume, die einen säulenförmigen Wuchs zeigen, sind von besonderem Interesse für den Anbau in Plantagen mit hoher Pflanzdichte. Beim Pfirsich ist ein Gen, das sogenannte „Pillar“-Gen, für diese Wuchsform verantwortlich. Das Merkmal wird partiell dominant vererbt, so dass die heterozygoten Pflanzen einen intermediären Phänotyp aufweisen und nur Pflanzen, die homozygot das rezessive Allel tragen, zeigen den säulenförmigen Wuchs. Da in jungen Jahren eine Differenzierung des Wuchses aufgrund des Phänotyps schwierig ist, könnten eng mit dem „Pillar“-Gen gekoppelte Marker den Zuchterfolg verbessern und erheblich beschleunigen.

Material und Methoden

Bulked Segregant Analysen wurden mit AFLP- und SSR-Primerkombinationen durchgeführt. Insgesamt wurden 512 AFLP-Primerkombinationen basierend auf den Präamplifikationen E00M01 und E00M02 sowie 102 SSRs der *Prunus*-Referenzkarte (Dirlewanger et al. 2004, GDR) analysiert. Die Polymorphismen wurden dann in der F₂-Population kartiert. Die Markerdaten wurden anschließend mit dem Programm MapMaker (3.0 V) kartiert, um die Rekombinationsraten zwischen den Markern und dem „Pillar“-Gen festzustellen und die genetischen Abstände zu bestimmen.

Ergebnisse und Diskussion

Für die Identifizierung von AFLP-Markern, die eng mit dem „Pillar“-Gen gekoppelt sind, wurden Bulk Segregant Analysen (BSA) für die Präamplifikation (E00M01) mit 256 AFLP-Primerkombinationen durchgeführt. Dabei wurden 72 Polymorphismen in 53 Primerkombinationen gefunden, da 1-4 Polymorphismen pro Primerkombination auftraten. Mit einer weiteren Präamplifikation (E00M02) wurden 64 Polymorphismen in 53 Primerkombinationen identifiziert, ebenfalls mit 1-4 Polymorphismen pro Primerkombination. Alle über BSA identifizierten potentiellen Marker wurden in einer 92 Individuen umfassenden F₂-Population kartiert. Die F₂-Population geht auf eine Kreuzung zwischen „Italian pillar“ und einer Standardlinie zurück. Die Kopplungskarte besteht aus 43 Markern: 40 AFLP-Markern und 3 SSR-Markern. Von diesen Markern liegen 20 in Attraktion und 23 in Repulsion vor. Der AFLP-Marker EAAM40_251A ist mit 2,3 cM der am engsten mit dem „Pillar“-Gen gekoppelte Marker. Mit Hilfe von SSR-Markern sollte die Zuordnung des „Pillar“-Gens zu einer der acht Kopplungsgruppen der *Prunus*-Konsensuskarte erfolgen. Insgesamt wurden 102 SSR-Marker der *Prunus*-Referenzkarte (Dirlewanger et al. 2004) getestet. Von diesen waren 37 in der F₂-Population polymorph. Drei SSR-Marker der Kopplungsgruppe LG2 kartierten zusammen mit dem „Pillar“-Gen. Somit liegt das „Pillar“-Gen mit dem Ursprung in „Italian Pillar“ auf der gleichen Kopplungsgruppe wie das „Pillar“-Gen mit dem „New Jersey“ Ursprung.

Der erste Schritt für die Ableitung von Primern für STS-Marker ist die Klonierung und Sequenzierung der AFLP-Marker, die eng mit dem „Pillar“-Gen gekoppelt sind. Die AFLP-Marker (ETAM48_279A, ETGM61_291R, ECAM61_426A, ETAM56_267A)

Institut für Biowissenschaften, Abteilung Pflanzengenetik, Universität Rostock, Albert-Einstein-Str. 3, 18051 Rostock

* USDA-ARS Appalachian Fruit Research Station, 45 Wiltshire Road, Kearneysville, WV 25430, USA

**Department of Genetics and Biochemistry, Clemson University, 100 Jordan Hall, Clemson, SC 29634, USA

wurden radioaktiv markiert und auf einem denaturierenden Polyacrylamidgel aufgetrennt. Die entsprechenden Banden wurden aus dem Gel ausgeschnitten, reamplifiziert und in den Vektor pGEM-T Easy kloniert (Abb. 1) und sequenziert.

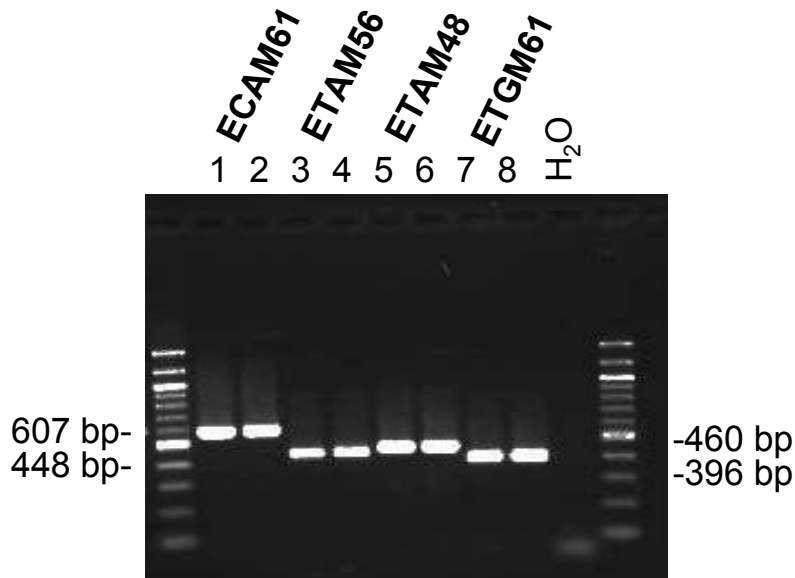


Abb. 1: Insertkontrolle der klonierten AFLP-Fragmente über PCR mit T7/SP6 als Primern. Von den Sequenzen wurden mit Hilfe des Internet Programms Web Primer erfolgreich die Primersequenzen für drei STS-Marker (ETGM61_197 für Standard, ETGM61_208 und ETAM48_236 für „Pillar“) abgeleitet.

Über BSA sollen weitere Polymorphismen identifiziert werden, die es erlauben sollen, noch enger mit dem „Pillar“-Gen gekoppelte Marker zu finden. Für diese neuen und für den bereits kartierten AFLP-Marker EAAM40_251A sollen STS-Marker für eine markergestützte Klonierung abgeleitet werden.

Außerdem sollen im Hinblick auf eine markergestützte Klonierung des „Pillar“-Gens Overgosonden von den Sequenzen der klonierten AFLP-Marker abgeleitet werden, um diese für Hybridisierungen gegen High Density BAC-Filter der doppelhaploiden Linie Lovell einzusetzen. Positive BAC-Klone sollen dann über Fingerprinting zur Bildung eines geschlossenen Contigs um das „Pillar“-Gen genutzt werden.

Literatur

Dirlwanger, E.; Graciano, E.; Joobeur, T.; Carriga-Caldere, F.; Cosson, P.; W. Howad und P. Arus 2004: Comparative mapping and marker-assisted selection in fruit crops. Proc Natl Acad Sci USA 101: 9891-9896.

Genome Database for Rosaceae (GDR) <http://www.bioinfo.wsu.edu/gdr>

Die Vielfalt der Anthocyane in Sauerkirsche, *Prunus cerasus* L., im Vergleich mit anderen Kirscharten, *Prunus* sp.

M. Schuster, E. Hoberg* & W. Schütze*

Einleitung

Die Sauerkirsche, *Prunus cerasus* L. ist ein natürlicher allotetraploider Bastard. Als Genzentrum wird Klein- und Mittelasien beschrieben. Im Obstbau findet die Sauerkirsche hauptsächlich als Verarbeitungsfrucht Verwendung. Hierbei kommt es neben anderen Fruchtmerkmalen besonders auf die Farbintensität der Früchte und des Saftes, sowie deren Stabilität an. Die Farbe wird hauptsächlich durch Anthocyanen bestimmt. Anthocyane sind wasserlösliche Pflanzenfarbstoffe, die in nahezu allen höheren Pflanzen vorkommen und den Blüten und Früchten die rote, violette, blaue oder blauschwarze Färbung geben. Neben den färbenden Eigenschaften besitzen die Anthocyane auch bioaktive (antioxidative, entzündungshemmende) Eigenschaften. In der Literatur (Chaovanalikit et al. 2004; Šimunić et al., 2005; Bonerz et al., 2007) sind bisher nur eine geringe Anzahl von Anthocyankomponenten beschrieben und ihr Vergleich zeigt keine vollständige Übereinstimmung in Anzahl, Menge und Identität.

Material und Methoden

Untersucht wurden 41 Sauerkirscharten, 5 Süßkirscharten und 15 Wildarten der Kirsche bzw. Artbastarde aus dem Institut für Züchtungsforschung an gartenbaulichen Kulturen und Obst in Dresden-Pillnitz im Jahre 2006 und 2007. Die Saftproben der untersuchten Genotypen wurden ungefiltert bis zur Analyse bei -20°C gelagert. Die Anthocyane wurden mit Ameisensäure extrahiert, filtriert und mittels RP-HPLC analysiert. Die chromatographische Analyse erfolgte mit Gradientenelution (Eluent A: wässrige Ameisensäure, pH 1.9; Eluent B: Acetonitril; Fluss: 0,3 ml/min; Dauer: 35 min; Wellenlänge: 510 nm). Die Peaks wurden anhand ihrer Retentionszeit und ihrer Spektren (195 - 650 nm) verglichen. Alle Anthocyankomponenten wurden als Cyanidin-3-glucosid berechnet und in mg/100 g angegeben. Die statistische Auswertung erfolgte mit STATISTICA®, Vers. 7.1 von StatSoft sowie MS-Excel® 2003 von Microsoft Corporation.

Ergebnisse und Diskussion

In den Sauerkirscharten und *Prunus* Arten konnten 20 verschiedenen Anthocyanen analysiert werden. Das Anthocyanprofil mit den meisten Komponenten (19) wurde in *P. maackii* gefunden. In den Sauerkirscharten kommen 7 Anthocyane der Wildarten nicht vor. In Tab. 1 sind die Mittelwerte, die Standardabweichung sowie Minimum und Maximum der analysierten Anthocyanen der Wildarten und der Sorten gegenüber gestellt. Die meisten Mittelwerte aus den Wildarten und Sorten unterscheiden sich signifikant. Die Anthocyanprofile der Wildarten sind vielfältiger und ihre Konzentrationen sind wesentlich höher. Um einer möglichen Einengung der Anthocyanen in den Kultursorten entgegen zu wirken und besonders ihre bioaktiven Wirkungen besser zu nutzen, sollten sie in der Züchtung Beachtung finden.

Am Beispiel von zwei F₁-Nachkommen der Artkreuzung *P. cerasus* ‚Schattenmorelle‘ und *P. maackii* können erste Ergebnisse zur Vererbung der Anthocyanen vorgestellt

Julius Kühn-Institut, Institut für Züchtungsforschung an Gartenbaulichen Kulturen und Obst, Pillnitzer Platz 3a, 01326 Dresden, mirko.schuster@jki.bund.de;

* Julius Kühn-Institut, Institut für Ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Erwin-Bauer-Str. 27, 06484 Quedlinburg

werden. Da die Nachkommenanzahl der F_1 sehr gering ist, werden genauere Studien zur Genetik erst in Rückkreuzungspopulationen (BC_1) folgen.

Tab. 1: Vergleich der Anthocyan Komponenten (A1 – A20) von den untersuchten Wildarten und Sauerkirscharten

Anthocyan	Wildarten				Sauerkirscharten				t-Test p=0,05
	MW	STABW	Min	Max	MW	STABW	Min	Max	
A 1	3,53	5,48	0,00	16,21	2,55	1,30	0,00	5,13	sign.
A 2	7,78	12,66	0,00	37,68	0,92	0,93	0,00	3,29	sign.
A 3	0,14	0,54	0,00	2,11	1,74	1,26	0,00	4,70	sign.
A 4	2,70	5,88	0,00	19,09	0,00	0,00	0,00	0,00	ns
A 5	1,39	3,32	0,00	11,22	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 6	1,24	3,30	0,00	10,47	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 7	0,27	1,04	0,00	4,01	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 8*	8,12	20,02	0,00	78,98	4,42	5,83	0,00	24,39	sign.
A 9	0,14	0,53	0,00	2,06	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 10*	34,86	112,81	0,00	439,69	68,81	57,68	0,46	205,56	sign.
A 11*	48,85	146,71	0,00	573,72	1,08	1,07	0,00	3,58	sign.
A 12*	109,35	168,42	0,00	614,50	2,48	2,21	0,00	7,64	sign.
A 13*	471,04	481,87	1,87	1432,18	17,52	32,76	0,00	170,15	sign.
A 14	3,37	4,57	0,00	16,49	0,67	0,61	0,00	1,88	sign.
A 15	12,41	18,93	0,00	60,37	0,22	0,51	0,00	2,64	ns
A 16*	7,21	25,98	0,00	101,05	0,00	0,02	0,00	0,14	ns
A 17*	55,74	146,42	0,00	561,21	0,41	0,86	0,00	4,43	sign.
A 18	4,47	10,70	0,00	38,98	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 19	1,28	2,67	0,00	9,97	0,00	0,00	0,00	0,00	sign.
A 20	5,66	8,81	0,00	24,66	0,02	0,13	0,00	0,82	ns

* A 8 - Cyanidindiglucoosid; A 10 - Cyanidinrutinosidglucoosid; A 11 - Cyanidinglucoosidrutinosid; A 12 – Cyanidinarabinosid-rutinosid; A 13 - Cyanidinrutinosid; A 16 - Peonidinglucoosid; A 17 - Peonidinrutinosid

Literatur

- Bonerz, D., Würth, K., Dietrich, H. und F. Will 2007: Analytical characterization and the impact of ageing on anthocyanin composition and degradation in juices from five sour cherry cultivars. Eur. Food Res. Technol. 224: 355-364.
- Chaovanalikit, A. und R.E. Wrolstad 2004: Anthocyanin and Polyphenolic Composition of Fresh and Processed Cherries. J. Food Sci. 69: 73-83.
- Šimunić, V., Kovač, S., Gašo-Sokač, D., Pfannhauser, W. und M. Murkovic 2005: Determination of anthocyanins in four Croatian cultivars of sour cherries (*Prunus cerasus*). Eur. Food Res. Technol. 220: 575-578.

Screening zur In-vitro-Vermehrbarkeit von ausgewählten Cyclamenarten

M. Seyring, A. Ewald & A. Müller

Einleitung

Kulturformen von *Cyclamen persicum* (Alpenveilchen) gehören im deutschen Gartenbau mit zu den wichtigsten blühenden Topfpflanzen. Während hier bereits Erkenntnisse zur Befruchtungsbiologie und In-vitro-Vermehrbarkeit vorliegen, fehlt fundiertes Wissen zur Reproduktionsbiologie für die anderen 20 Vertreter der Gattung noch weitestgehend. Da der Bestand verschiedener Wildarten am natürlichen Standort zunehmend durch Urbanisierung, illegale Einflussnahme sowie den Klimawandel gefährdet ist, bilden effiziente Vermehrungssysteme einen wertvollen Beitrag zur Einführung neuer Formen in den Gartenbau und zum Erhalt der Biodiversität. Unser Ziel ist daher die Prüfung der Anwendbarkeit und Adaption von Protokollen zur In-vitro-Vermehrbarkeit bei weiteren Cyclamenarten.

Material und Methoden

Für *C. persicum* – Kulturformen erarbeitete Verfahren zur somatischen Embryogenese (Schwenkel und Winkelmann 1998) über unbefruchtete Samenanlagen und die In-vitro-Regeneration über Adventivsprossbildung (Seyring, unveröffentlicht) wurden bei 11 weiteren Vertretern der Gattung *Cyclamen* L. (Tabelle 1) geprüft. Explantate (n = 20) wurden für diese Untersuchungen von Blättern, Blattstielen, Fruchtknoten und Blütenstielen adulter Pflanzen entnommen. Aufgrund des zur Verfügung stehenden Ausgangsmaterials konnten nicht alle Explantatarten bei beiden Verfahren gleichermaßen getestet werden.

Zur Induktion und Vermehrung von embryogenem Kallus enthielt das modifizierte Kulturmedium nach Murashige und Skoog 1962, 2,4-D und 2iP. Die Differenzierung und Keimung somatischer Embryonen (s. E.) bis hin zur Jungpflanze erfolgte auf hormonfreien modifiziertem Murashige und Skoog-Medium.

Zur Sprossregeneration wurde N 69 – Medium unter Zugabe von BAP und IES verwendet. Zur Bewurzelung enthielt das Medium NES.

Ergebnisse und Diskussion

Die Regeneration über somatische Embryogenese gelang bei acht und über Adventivsprossbildung bei sieben der 11 untersuchten Vertreter der Gattung *Cyclamen* L.. Die Regeneration war bei beiden Verfahren genotypenabhängig.

Mit den vorliegenden Untersuchungen zur Induktion von somatischer Embryogenese konnte besonders bei den *C. coum* – Genotypen gezeigt werden, dass neben den unbefruchteten Samenanlagen auch andere Explantatarten durchaus geeignet sind (Tabelle 1). Die Differenzierung von somatischen Embryonen (s. E.) aus dem Kallus erfolgte in der Regel nach 20 Wochen, die Keimung nach sieben Monaten und 12 Monate nach der Inkulturnahme der Explantate hatten sich Jungpflanzen entwickelt. Eine Ausnahme bildete *C. cilicium*, wo eine Vielzahl von s. E. mit beginnender Keimung erst nach etwa 16 Monaten zu beobachten war, während bei *C. coum* magenta zu diesem Zeitpunkt schon Jungpflanzen in Substrat pikiert werden konnten. Bei *C. purpurascens* wurden sowohl Embryonen als auch Sprosse gebildet, während es bei

C. africanum nur zur Sprossbildung kam. Am effektivsten reagierte *C. coum* magenta, wo bei allen Explantatarten somatische Embryonen gebildet wurden. Besonders erfolgreich war dabei die Regeneration über Fruchtknoten- und Blütenstielexplantate. Über 400 keimende s. E. wurden erhalten und entwickelten sich zu pikierfähigen Jungpflanzen.

Mit dem Verfahren der Adventivsprossbildung wurden nach sechs Monaten an Blatt- und Blattstielexplantaten bei *C. africanum* mit insgesamt 44 Sprossen und bei *C. hederifolium confusum* mit 40 Sprossen die höchste Anzahl erreicht. Hinsichtlich der Wurzelbildung unterschieden sich die beiden Genotypen sehr stark. Während bei *C. africanum* 61,4% der Sprosse Wurzelbildung aufwiesen, waren es bei *C. hederifolium confusum* nur 15%. Bei *C. purpurascens* war mit 93% die Mehrzahl der Sprosse bewurzelt. Im Gegensatz zur somatischen Embryogenese scheinen für die *C. coum* -Genotypen die untersuchten Kulturbedingungen zur Sprossbildung ungeeignet zu sein, da alle Explantate abstarben (Tabelle 1).

Mit den vorliegenden Untersuchungen sind erste Voraussetzungen geschaffen, auch weitere *Cyclamen*arten in vitro zu vermehren und damit zur Erhaltung gefährdeter Arten beizutragen.

Tabelle 1: Einfluss der Explantatart auf die Bildung somatischer Embryonen und die Sprossregeneration bei verschiedenen *Cyclamen* sp

Genotyp	Explantatart							
	Fruchtknoten	Blütenstiel	Blatt	Blattstiel	Fruchtknoten	Blütenstiel	Blatt	Blattstiel
<i>C. africanum</i>	Kallus	Kallus	abgestorben	Sprosse	abgestorben	Sprosse	Sprosse	Sprosse
<i>C. cilicium</i>	kein Material	kein Material	Kallus	s. E	kein Material	kein Material	abgestorben	abgestorben
<i>C. coum</i>	s. E	Kallus	Kallus	s. E	abgestorben	abgestorben	kein Material	kein Material
<i>C. coum</i> ssp. <i>coum</i>	kein Material	kein Material	Kallus	s. E	kein Material	kein Material	abgestorben	abgestorben
<i>C. coum</i> magenta	s. E	s. E	s. E	s. E	abgestorben	abgestorben	abgestorben	abgestorben
<i>C. hederifolium confusum</i>	Kallus	Kallus	s. E	s. E	abgestorben	abgestorben	Sprosse	Sprosse
<i>C. hederifolium</i> ‚Perlent Teppich‘	Kallus	Kallus	Kallus	Kallus	abgestorben	abgestorben	Sprosse	Sprosse
<i>C. hederifolium</i> ‚Rosent Teppich‘	Kallus	s. E	Kallus	Kallus	abgestorben	Sprosse	Sprosse	Sprosse
<i>C. persicum</i> .	s. E	s. E	Kallus	Kallus	abgestorben	Sprosse	Sprosse	abgestorben
<i>C. persicum</i> pink	kein Material	kein Material	Kallus	Kallus	Sprosse	Sprosse	Sprosse	abgestorben
<i>C. purpurascens</i>	s. E	Sprosse	Sprosse	s. E, Sprosse	abgestorben	Sprosse	Sprosse	Sprosse

Literatur

Schwenkel, H. G. und Winkelmann, T. 1998: Plant regeneration via somatic embryogenesis from ovules of *Cyclamen persicum* Mill. Plant Tissue Culture Biotechnology, 4, 28-34.

Beurteilung des Aromaprofils und der züchterischen Potenziale zweier intergenerischer Hybriden aus der Kreuzung *Fragaria xananassa* Duch. cv. 'Mieze Schindler' mit *Potentilla palustris* L.

D. Ulrich, F. Pohlheim*, E. Schumann** & K. Olbricht***

Problemstellung

Das Aromapotenzial der handelsüblichen Erdbeersorten ist verarmt (ULRICH et al. 1997, 2005, OLBRICHT et al. 2006b, ULRICH et al. 2008). Züchtungsansätze sind notwendig, um diesem Trichtereffekt der Züchtung entgegenzuwirken (ENIGL und KOLLER 2003, ULRICH et al. 2005, OLBRICHT et al. 2006a, OLBRICHT et al. 2008). Die Aufweitung des genetischen Hintergrundes ist möglich insbesondere durch Kreuzung mit hocharomatischen, meist älteren Sorten und durch interspezifische Hybridisation. Es soll untersucht werden, ob intergenerische Hybride zwischen *Fragaria* und *Potentilla* einen Wert für die Aromazüchtung der Kulturerdbeere besitzen.

Methoden

Kreuzungsansätze: Kreuzungen zwischen *F. xananassa* 'Mieze Schindler' (oktoploid mit $2n=8x=56$ Chromosomen) mit *Potentilla palustris* (hexaploid mit $2n=6x=42$ Chromosomen) wurden im Gewächshaus durchgeführt. Da die Sorte 'Mieze Schindler' eine rein weibliche ist, konnte auf die Kastration der Blüten verzichtet werden. Die aus diesen Kreuzungen resultierenden 19 Sämlinge wurden analysiert.

Pflanzenmaterial: ms = *F. xananassa* 'Mieze Schindler'; *Potentilla palustris* L.; K34 = *F. xananassa* 'Mieze Schindler' × *Potentilla palustris*; K34/1 = *F. xananassa* 'Mieze Schindler' × *Potentilla palustris*; K34/2 = *F. xananassa* 'Mieze Schindler' × *Potentilla palustris*; els = *F. xananassa* 'Elsanta'; 5203 = hocharomatischer Prüfklon, *F. xananassa* mit Einkreuzung von *Fragaria chiloensis*; 5284 = hocharomatischer Prüfklon, *F. xananassa* mit Einkreuzung von *Fragaria chiloensis*; 5357 = hocharomatischer Prüfklon, *F. xananassa* mit Einkreuzung von *Fragaria chiloensis*; 5627 = aromatischer Prüfklon, *F. xananassa* 'Florence' × 'Asiropa'; vir = *Fragaria virginiana*, Elternteil der *F. xananassa*; c = *Fragaria chiloensis*, Elternteil der *F. xananassa*; cv = Kulturform der *Fragaria chiloensis*.

Chromosomenzählung: Wurzelspitzen von Stolonenpflanzen der Klonpflanzen K34, K34/1 und K34/2 wurden in Carnoyscher Lösung fixiert und zur Bestimmung der Chromosomenzahl mit Karmin-Essigsäure angefärbt. Die Zählung der Chromosomen an mindestens fünf Quetschpräparaten erfolgte mittels eines Durchlichtmikroskopes (Jenaval, Carl Zeiss).

Aromaanalytik: Die Isolierung der Aromastoffe wurde mit Hilfe der Immersions-Twister-Methode (Imm-SBSE) vorgenommen (KOMES et al. 2005). Anschließend erfolgte die Substanzidentifizierung und Semi-Quantifizierung mittels GC-MS-Analyse an einer polaren Trennsäule (SCHULZ and ULRICH 2003).

Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für ökologische Chemie, Pflanzenanalytik und Vorratsschutz, Erwin-Baur-Str. 27, D-06484 Quedlinburg, detlef.ulrich@jki.bund.de

* Brodberg 38, D-14532 Kleinmachnow

** Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Naturwissenschaftliche Fakultät III, Institut für Agrar- und Ernährungswissenschaften, Ludwig-Wucherer-Straße 2, D-06108 Halle (Saale)

*** Julius Kühn-Institut (JKI), Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Züchtungsforschung an Gartenbaulichen Kulturen und Obst, Pillnitzer Platz 3a, 01326 Dresden; aktuelle Adresse: Hansabred, Radeburger Landstraße 12, D-01108 Dresden

Ergebnisse und Diskussion

Kreuzung und Chromosomenzählung

16 der 19 Sämlinge aus der Kreuzung der oktaploiden Erdbeersorte mit dem hexaploiden Fingerkraut (*Potentilla palustris*) starben bereits im Jungpflanzenstadium. Zwei Typen K34/1 und K34/2 waren erdbeerähnliche in der Morphologie ihrer Blüten, Blätter, Früchte und der Wurzelcharakteristik. Beide Typen hatten 28 Chromosomen, wobei K34/1 weiß und K 34/2 rosa blüht. Der pentaploide Klon 34 ist höchstwahrscheinlich eine Hybride mit 28 Chromosomen von *F. xananassa* und 7 Chromosomen von *Potentilla palustris*. Die beiden tagneutralen tetraploiden Klone K34/1 und K34/2 könnten auch Haploide der Mutter *F. xananassa* cv. 'Mieze Schindler' infolge einer Scheinbefruchtung sein. Dem widerspricht allerdings die rosa Blütenfarbe von K34/2, die nur vom rot blühenden väterlichen Kreuzungspartner *Potentilla palustris* stammen kann. Detaillierte cytologische und molekularbiologische Untersuchungen sind zur Klärung von details erforderlich.

Aromaanalytik

Die Aromamuster der Nachkommen unterscheiden sich deutlich von dem der Mutter 'Mieze Schindler'. Die Früchte sind hocharomatisch, wobei K34/1 ein humansenso- risch ausgeglicheneres Profil aufweist. Beide Klone enthalten, wie 'Mieze Schindler', die Schlüsselsubstanz Methylantranilat, die für ein blumig-aromatisches, walderd- beerartiges Aroma verantwortlich ist.

Absolute Werte*	Ester	Ter- pene	Alde- hyde	Ketone	Lactone	Säuren	Fura- none	Sum- men
ms	659,46	13,81	24,10	47,00	26,14	184,70	6,09	1102,2
K34/1	2234,23	0,00	64,36	94,11	688,83	247,18	405,55	3916,6
K34/2	782,42	17,22	47,54	38,58	46,32	574,99	12,41	1694,6
els	237,55	81,76	0,00	0,00	348,53	64,45	9,38	849,0
Normprozt.**								
ms	64,39	1,35	2,35	4,59	2,55	18,04	0,59	100
K34/1	52,61	0,00	1,52	2,22	16,22	5,82	9,55	100
K34/2	47,85	1,05	2,91	2,36	2,83	35,16	0,76	100
els	31,12	10,71	0,00	0,00	45,66	8,44	1,23	100

Tabelle 1: Ergebnisse der Aromaanalyse

* Peakfläche in Counts; ** Peakfläche der Einzelsubstanzen normiert auf die Peakfläche der 46 identifizierten Aromasubstanzen.

Zusammenfassung und Ausblick

Die intergenerische Kreuzung von *F. xananassa* 'Mieze Schindler' mit *Potentilla pa- lustris* führte zu einem Nachkommen mit einem pentaploiden und zwei Nachkommen mit einem tetraploiden Chromosomensatz. Während der pentaploide Typ morpholo- gisch eindeutig ein Hybridprodukt darstellt, scheint es wahrscheinlich, dass die bei- den tetraploiden Genotypen das Ergebnis einer Halbierung (Haploidisierung) des Chromosomensatzes der Mutter sind. Die rosa Blütenfarbe bei einem der Nachkom- men ist allerdings ein klares Indiz für die Beteiligung des Vaters *P. palustris*. Der Hy- bridcharakter sollte über weitere cytologische bzw. molekularbiologische Unter- suchungen geklärt werden. Die Früchte beider Nachkommen sind hocharomatisch. Beide Genotypen sind für eine zukünftige Züchtungsarbeit nutzbar, zumal sie zusätz- lich tagneutral sind. Der Ploidiegrad von $2n=4x=28$ Chromosomen müsste züch- terisch überwunden werden, um auf oktaploider Stufe weiterarbeiten zu können.

Literatur

- Enigl, M. und B. Koller, 2003: Kulturpflanzenvielfalt. Arche Noah. Schiltern bei Langenlois: 27.
 Komes, D., D. Ulrich, T. Lovrić, and K. Schippel, 2005: Isolation of white wine volatiles using different sample preparation methods. *Vitis* 44(4): 187-193.
 Mangelsdorf, A. J. and E. M. East, 1927: Studies on the Genetics of *Fragaria*. *Genetics* 12: 307-339.

Eignung von Erbsensorten als Gemengepartner mit Hafer

B. Bugdahl & R. Rauber

Einleitung

Der Anbau der Erbse (*Pisum sativum*) in Reinsaat bereitet oftmals Probleme: Große Ertragsschwankungen, Lager, geringe Unkrautunterdrückung, manchmal auch hohe N_{\min} -Werte vor Winter. Der konkurrenzstarke Hafer (*Avena sativa*) als Gemengepartner gleicht Ertragseinbußen der Erbse in der Regel aus und senkt die N_{\min} -Werte nach der Ernte (Neumann et al. 2007). Bisher war jedoch wenig darüber bekannt, welche Sortenmerkmale eine Erbsensorte mitbringen muss damit ein Erbsen-Hafer-Gemenge erfolgreich ist.

Material und Methoden

Neun im Handel verfügbare Erbsensorten und die ältere Erbsensorte Azur wurden jeweils in Reinsaat und im Gemenge mit der Hafersorte Neklan im Jahr 2005 auf einer ökologisch bewirtschafteten Fläche des Versuchsgutes Reinshof der Universität Göttingen angebaut. Die gewählten Erbsensorten unterschieden sich möglichst stark anhand der Noten in der Beschreibenden Sortenliste. Bis auf die Sorte Grana waren die Erbsensorten halbblattlos. Die Gemenge wurden additiv aus 100 % der Erbsenreinsaatstärke (= 80 Körner m^{-2}) und 13 % der praxisüblichen Haferreinsaatstärke (= 40 von 300 Körnern m^{-2}) zusammengestellt und in alternierenden Reihen gedreht.

Ergebnisse und Diskussion

Alle Gemenge erbrachten in ihrer Summe höhere Kornerträge als die jeweilige Erbsenreinsaat, in sechs Fällen war dieser Mehrertrag signifikant (Tab.1). Die höchsten Mehrerträge des Gemenges gegenüber der Erbsen-Reinsaat ergaben sich mit den Sorten Phönix und Azur sowie mit der normalbeblätterten Sorte Grana. Die Erbsensorten Grana und Phönix waren diejenigen, die ihren Kornertrag im Gemenge im Vergleich zur Reinsaat gut aufrechterhalten konnten, also die geringsten Ertragseinbußen durch die Konkurrenz des Hafers erlitten. Das Erntegut dieser Gemenge wies einen vergleichsweise hohen Erbsenanteil auf. Die Sorten Apollo, Jutta, Lexus und Lido reduzierten ihren Kornertrag im Gemenge deutlich. Die RYT-Werte reichten von 0,91 für das Gemenge mit der eher spät blühenden Sorte Apollo bis zu RYT = 1,13 für die Gemenge mit der Sorte Phönix, RYT = 1,15 mit Azur und RYT = 1,22 mit Grana.

Die meisten Erbsensorten fixierten im Gemenge weniger Luftstickstoff als die jeweilige Reinsaat (Erweiterte Differenzmethode). Nur die Sorten Phönix und Grana konnten im Gemenge gleichviel (etwa 74 kg N ha^{-1}) Stickstoff fixieren im Vergleich zur Reinsaat. Die Höhe der N_2 -Fixierleistung der Erbse im Gemenge hatte einen deutlichen positiven Einfluss sowohl auf den Kornertrag der Erbse als auch auf den Gesamtertrag des Gemenges.

Der prozentuale Anteil des Stickstoffs aus der Luft vom Gesamtstickstoff, der im oberirdischen Aufwuchs der Erbse zu finden war, erhöhte sich in den Gemengen (73 %) gegenüber den Reinsaaten (51 %). Lediglich die verhältnismäßig spätblühende Sorte Apollo, deren Gemenge den geringsten Ertragsvorteil gegenüber der Reinsaat aufwies, konnte den Anteil luftbürtigen Stickstoffs im Gemenge nicht

* Georg-August-Universität Göttingen, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Pflanzenbau, Von-Siebold-Str. 8, 37075 Göttingen

erhöhen. Die meisten Erbsensorten bezogen also im Gemenge ihren Stickstoff verstärkt aus der Luft. Dies bedeutet, dass der Bodenstickstoff in den Gemengen größtenteils dem Hafer zur Verfügung stand.

Hinsichtlich der Kornqualität profitierte der Hafer vom Gemengeanbau. Im Mittel der Gemenge wurde ein Rohproteingehalt des Hafers von 11,3 % erreicht. Er lag damit um 1,9 Prozentpunkte über dem Rohproteingehalt der Haferreinsaat. In allen Gemengen war dieser Anstieg signifikant. Vermutlich steht dem Hafer im Gemenge auch in der Kornfüllungsphase mehr Bodenstickstoff zur Verfügung als in der Hafer-Reinsaat. Dabei ist davon auszugehen, dass der Hafer im Gemenge dem Wurzelsystem der Erbse nach unten ausweicht, d.h. im Vergleich zur Hafer-Reinsaat in tiefere Bodenschichten vordringt. Somit kann er ansonsten ungenutzte Stickstoffquellen erschließen.

Tab.1: Kornerträge der Erbsensorten in Reinsaat und im Gemenge mit Hafer, 2005.

Erbsensorte	Reinsaat		Gemenge		Ertragsanteil Erbse [%]	RYT
	Erbse [dt TM/ha]	Erbse [dt TM/ha]	Hafer [dt TM/ha]	Summe [dt TM/ha]		
Apollo	31,0	16,1 *	15,3	31,5	51	0,91
Azur	30,9	19,0 *	21,1	40,1 *	47	1,15
Duel	33,1	21,3 *	17,6	38,9 *	55	1,09
Grana	29,6	24,0	15,9	39,8 *	60	1,22
Jutta	35,9	18,1 *	20,4	38,5	47	1,03
Konto	37,0	20,8 *	19,3	40,2 *	52	1,06
Lexus	33,5	17,0 *	20,9	37,9	45	1,04
Lido	32,3	17,0 *	20,6	37,6 *	45	1,05
Miami	32,1	20,0 *	16,7	36,7	54	1,05
Phönix	32,2	23,9	15,0	38,9	61	1,13

* zeigen bei $p < 0,05$ signifikante Unterschiede zwischen dem Kornertrag der Erbsen im Gemenge bzw. dem Gemengeertrag (Summe) und dem Reinsaatsertrag der Erbsensorte (Leserichtung: Zeile). Reinsaatsertrag des Hafers: 39,1 dt TM/ha.

Die Sorten Phönix und Grana schnitten an beiden Standorten im Gemenge am besten ab. Sie reduzierten ihren Kornertrag im Gemenge gegenüber der Reinsaat am wenigsten. Bestände der Erbsensorten, die in Reinsaat ab dem Blühbeginn eine geringe Lichtdurchlässigkeit aufwiesen, erreichten im Gemenge einen vergleichsweise hohen Ertrag. Erbsensorten, die in ihrer Reinsaat während des Längenwachstums weit entwickelt waren (BBCH-Stadien), waren im Gemenge gegenüber sich langsam entwickelnden Sorten im Vorteil. Zudem wirkte sich ein früher Blühbeginn der Erbse günstig auf den Gesamtertrag des Gemenges aus. Besonders wichtig für einen hohen Kornertrag der Erbse im Gemenge und das Gelingen eines Erbsen-Hafer-Gemenges ist auch, dass die an den Sprossspitzen sitzenden Erbsenblüten nicht vom Gemengepartner Hafer beschattet werden. Die Beschattung der Erbsenblüten führt zu einer Reduzierung des Blüten- und Hülsenansatzes.

Literatur

Neumann, A., K. Schmidtke & R. Rauber, 2007: Effects of crop density and tillage system on grain yield and N uptake from soil and atmosphere of sole and intercropped pea and oat. Field Crops Research 100, 285 - 293

Nährstoffaufnahme in Ackerbohnen-Ölfrucht-Gemengen

D. Kießling & U. Köpke

Einleitung

Leguminosen sind aufgrund ihrer Stickstofffixierleistung in Fruchtfolgen des Organischen Landbaus unverzichtbar. Der Gemengeanbau von Ackerbohnen (*Vicia faba* L.) mit Nichtleguminosen ist eine Maßnahme geplanter Biodiversität. Es wird vermutet, dass der im Wurzelraum von Ackerbohnen (AB) angereicherte pflanzenverfügbare Stickstoff (Justus & Köpke, 1995) von Gemengepartnern wie z.B. Ölfrüchten (ÖF) genutzt werden kann. Ziel war es, die N-, P- und K-Aufnahme in den Gemengen im Vergleich zu den Reinsaaten zu erfassen. Es wurden Gemenge von Ackerbohnen und Saflor (*Carthamus tinctorius* L.), Weißem Senf (*Sinapis alba* L.) bzw. Öllein (*Linum usitatissimum* L.) mit verschiedenen Reihenabständen angebaut und hinsichtlich der N-, P- und K-Aufnahme der Pflanzen analysiert.

Material und Methoden

Im Jahr 2007 wurde ein Feldversuch auf dem Versuchsbetrieb 'Wiesengut' in der Nähe von Bonn (65 m über NN, Jahresdurchschnittstemperatur: 11,4°C; Jahresniederschlag: 985 mm) als vollständig randomisierte Blockanlage mit vier Wiederholungen angelegt (Parzellengröße: 30 m²). Die Böden sind lehmig-schluffige bis sandig-schluffige Auensedimente. Die Gemengepartner von AB (Sorte: Limbo, 30 Kö*m⁻²) waren: Saflor (Sorte: Sabina, 50 Kö*m⁻²), Weißer Senf (Sorte: Martigena, 60 Kö*m⁻²) bzw. Öllein (Sorte: Juliet, 400 Kö*m⁻²). Der Reihenabstand (RA) der AB im Gemenge war 56 cm mit zwei ÖF-Reihen im Abstand von 5 cm ('nah') bzw. 18,5 cm ('weit') zu den AB-Reihen. Getestet wurden außerdem eine AB-Reinsaat (RA: 28 cm, 60 Kö*m⁻²) sowie Reinsaaten (RA: 17 cm) von Saflor (100 Kö*m⁻²), Weißem Senf (120 Kö*m⁻²) und Öllein (600 Kö*m⁻²). Es wurden im Stadium der Blüte der AB pro Parzelle zwei halbe Quadratmeter Biomasse geschnitten (AB: EC 65, Saflor: EC 51, Senf: EC 69, Öllein: EC 37). Die Pflanzenarten wurden getrennt und auf ihren Gehalt an N (Elementaranalysator), P (Filterphotometer bei 880 nm) und K (Atomabsorptionsspektrometer) analysiert. Bodenproben wurden bis 90 cm Tiefe entnommen und der Gehalt an NO₃⁻ (540 nm) und NH₄⁺ (660 nm) photometrisch bestimmt. NO₃⁻ und NH₄⁺ wurden zu pflanzenverfügbarem (pfv) –N addiert.

Ergebnisse und Diskussion

Die N-Aufnahme in den Gemengen und der AB-Reinsaat war sowohl zur Blüte der AB als auch zur Reifeernte signifikant höher als in der jeweiligen ÖF-Reinsaat (Tab. 1, Abb. 1). Ursächlich hierfür war die höhere Biomasseproduktion der AB im Vergleich zu den ÖF. Der zudem signifikant höhere N-Gehalt der ÖF im Gemenge im Vergleich zur jeweiligen ÖF-Reinsaat weist auf eine günstigere N-Versorgung der ÖF hin (Tab. 1). Gleichzeitig war der Gehalt des Bodens an pfv-N nach der Ernte in den Gemengevarianten tendenziell geringer als nach der AB-Reinsaat (Abb. 1), womit das N-Auswaschungspotenzial reduziert wurde. Dieses Ergebnis steht in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen zur Optimierung des Anbaues von AB (Justus & Köpke, 1995).

Tab. 1: Gesamt-Nährstoffaufnahme und Nährstoffgehalt (AB: EC 65)

Variante	N [kg*ha ⁻¹]		N [%]		P [kg*ha ⁻¹]		P [%]		K [kg*ha ⁻¹]		K [%]	
	Gesamt	AB	ÖF	Gesamt	AB	ÖF	Gesamt	AB	ÖF	Gesamt	AB	ÖF
AB-Reinsaat	134,41 b	3,01		15,30	0,35		116,43	2,64				
Saflor-Reinsaat	57,28 a		2,17	11,95		0,44	114,74		4,26			
AB-Saflor, nah	110,28 b	3,12	3,10*	14,15	0,40	0,40	126,75	2,75	5,06			
AB-Saflor, weit	119,63 b	3,16	2,70	15,78	0,40	0,41	137,35	2,91	4,60			
AB-Reinsaat	134,41 b	3,01		15,30	0,35		116,43	2,64				
Senf-Reinsaat	46,09 a		1,69	9,59		0,35	60,32		2,12			
AB-Senf, nah	101,75 b	2,92	2,41*	15,34	0,39	0,40	100,29	2,75	2,38			
AB-Senf, weit	103,98 b	2,97	2,18*	16,72	0,40	0,40	109,16	2,61	2,73			
AB-Reinsaat	134,41 c	3,01		15,30	0,35		116,43 b	2,64				
Öllein-Reinsaat	56,25 a		1,91	12,83		0,43	61,97 a		2,07			
AB-Öllein, nah	100,04 b	3,10	2,62*	13,76	0,37	0,47	100,48 ab	2,92	2,85			
AB-Öllein, weit	113,75 bc	2,92	2,70*	16,88	0,36	0,53*	103,74 ab	2,66	2,35			

Werte mit untersch. Buchstaben unterscheiden sich signifikant (Scheffé-Test mit $p < 0,05$; Gemenge vs. jeweilige Reinsaat); * signifikant im Vergleich zu ÖF-Reinsaat (Games-Howell-Test mit $p < 0,05$)

Die P- und K-Aufnahme in den AB-ÖF-Gemengen und der AB-Reinsaat war tendenziell höher als in der jeweiligen ÖF-Reinsaat, ein Sachverhalt der auf die höhere Biomasseproduktion in diesen Varianten zurückgeführt werden kann. Die P- und K-Gehalte der Pflanzen im Gemenge sind gleich oder höher als in Reinsaat. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Paulsen & Schochow (2007) bei der Untersuchung von Leguminosen und ÖF in Mischkultur zur Erntereife. In den AB-ÖF-Gemengen kommt es vermutlich zu einer höheren N-Nutzung verbunden mit einem geringeren N-Auswaschungspotential, wobei die P- und K-Versorgung infolge der Rhizosphäreneffekte der AB tendenziell erhöht wurde.

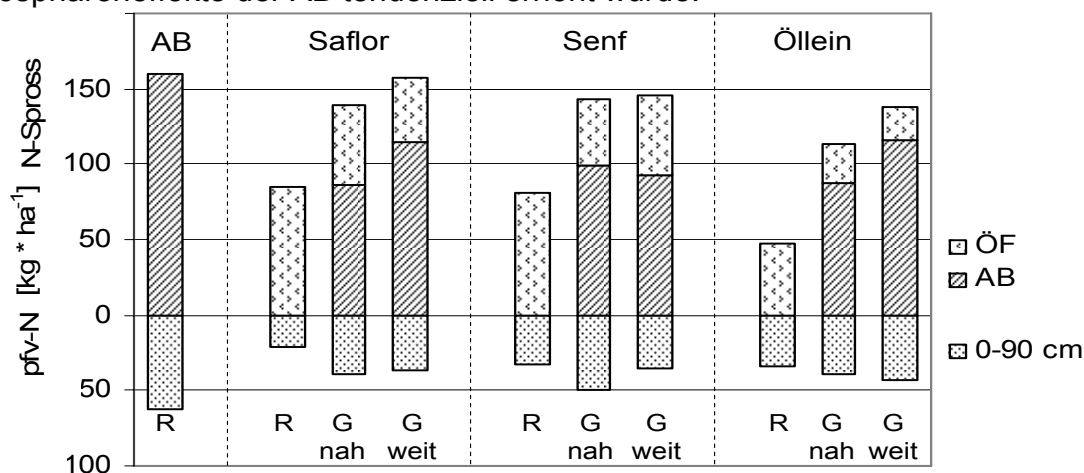


Abb. 2: N-Aufnahme und pflanzenverfügbaren Reststickstoff (pfv-N) im Boden (0-90 cm) zur Reifeernte im August 2007. Abk.: AB: Ackerbohnen, ÖF. Ölfucht, R: Reinsaat, G: Gemenge

Literatur

- Justus M. & Köpke U. (1995): Strategies to reduce nitrogen losses via leaching and to increase precrop effects when growing faba beans. In: *Biological Agriculture and Horticulture* 11, 145-155.
- Paulsen H.M. & Schochow M. (2007): Nährstoffgehalte und Nährstoffentzüge von Pflanzen in Mischfruchtanbausystemen mit Ölpflanzen im ökologischen Landbau. In: Paulsen H.M. & Schochow M. (Hrsg.): *Anbau von Mischkulturen mit Ölpflanzen zur Verbesserung der Flächenproduktivität im ökologischen Landbau*. FAL, Trenthorst, Sonderheft 309, S.47-59

Evaluation of Intercropping Systems with Cereals in China and the Potential for Adjustment using a Crop Model Approach

H. Knörzer, S. Graeff-Hönninger & W. Claupein

Introduction

Intercropping, defined as 'a kind of multiple cropping system with two or more crops grown simultaneously in alternate rows in the same area', is very widespread in smallholder farming in Africa, India and China. In some African states, 80-90% of the arable land is intercropped, whereas 17% and 20% of total arable land is intercropped in India and China. Therefore, China has the largest intercropping area in the world. As the average farm size in China is about 0.1 ha, arable land is scarce. Due to land owning and land use rights, the possibilities to increase farm sizes in China are low, wherefore intercropping offers an alternative. Intercropping is a 1000 year old and traditional farming system. Nevertheless, it has the embryonic form of modern, more ecological and nature friendly agriculture as these systems stand for regionally adapted and reduced input systems.

Chinese agriculture is stigmatized to exhaust high levels of input factors like nitrogen fertilization or irrigation water and to contribute severely to serious environmental problems. In this context, monocropping systems have to be revised and may not be the best performing systems any more and alternative, state-specific systems have to be taken into account. As there are multiple possibilities for intercropping designs, it is very time consuming and expensive to investigate in field trials. Thus, modeling approaches could be a useful tool to simulate plant growth and behaviour under different environmental circumstances. This study is a first approach to gain an overview over intercropping in China as well as to gain an overview over a range of different crop growth models taking interspecific competition into account and being suitable for application within intercropping systems.

Material and Methods

Literature about intercropping in China and intercropping behaviour was reviewed with special attention to the question, what is the status quo of intercropping in China. Hence, intercropping distribution, types and regions, history, intercropped species, intercropping research, behaviour of interspecific competition versus interspecific facilitation and future opportunities for those cropping systems were studied. In addition, literature about intercropping modeling approaches was reviewed in order to detect suitable models for simulation and application. Not the crop growth models as a whole but especially the introduced competition sub-models were considered. In most cases, algorithms dealing with incoming solar radiation within different canopy layers are the basics for modeling interspecific competition.

Results and Discussion

¼ of China's arable land is under intercropping and there is no evident trend of changing land use. Intercropping bears the potential for a more sustainable land use without introducing a new cropping system, but more research has to be done to understand and to adjust those cropping systems. So far, intercropping in China is only worth footprints in international published studies. Most studies dealing with intercropping in detail are pot experiments with special respect to interspecific

facilitation in plant nutrition and nutrient acquisition (Zhang and Li, 2003). Mainly, there are two different intercropping patterns: 1) strip intercropping meaning two or more crops are grown simultaneously on the same field in different numbers of rows; 2) relay intercropping meaning a maturing annual plant is interplanted with seeds of the following crop a few days or weeks before harvest. In addition, there is unconscious intercropping meaning that average field size is very small, so the collectivity of field borders can be considered as intercropping in a larger scale. An example for the advantages of strip intercropping is the alternate planting of maize and peanut. The peanut production in the Northeast shows that intercropping could compensate soil property deficits by reducing iron chlorosis in peanut plants when intercropped with maize. The calcareous soils in this region cause iron chlorosis in peanut. As maize has a different iron acquisition strategy better adapted to calcareous soils, peanut being planted next to maize profits by this iron mobilisation. An example for the advantage of relay intercropping is the cropping of wheat leaving enough space for the later on interplanting of maize. As a result, there is no wheat yield reduction but an additional maize harvest within the same year. Additional advantages are the increased nutrient use efficiency, reduced nitrate leaching and erosion, reduced pests and diseases and the diversification of crops for market supply.

But so far, there is no modeling study dealing with intercropping in China. There are some modeling approaches with various different models considering tropical farming systems in developing countries or under semi-arid conditions especially in Africa or Central-America. Most of these approaches were conducted in the 1990's and are promising but stuck in case studies, pure research or restricted to maize/legumes systems. As interspecific interactions in a whole are complicated making modeling of intercropping very difficult, modeling is mostly limited to competition for light with different approaches: reduced leaf area index of the understorey species when shading occurs and the dominant species reaches a specific height, modeling light interception individually in each canopy layer or to introduce a competition function. Future research should go further on to develop a practical tool for simulating intercropping in China with special respect to improve those systems.

Literature

- Ayam-Ali, S.N. 1995: Assessing the efficiency of radiation use by intercrops. *Ecophysiology of Tropical Intercropping*, ed. by H. Sinoquet and P. Cruz, INRA editions: 305-318.
- Caldwell, R.M. 1995: Simulation models for intercropping systems. *Ecophysiology of Tropical Intercropping*, ed. by H. Sinoquet and P. Cruz, INRA editions: 353-368.
- Fukai, S. and B.R. Trenbath 1993: Processes determining intercrop productivity and yields of component crops. *Field Crops Research* 34: 247-271.
- Gong, Y.; P. Lin; J. Chen and X. Hu 2000: Classical Farming Systems of China. *Journal of Crop Productions* 3 (1): 11-21.
- Jolliffe, P.A. 1997: Are mixed populations of plant species more productive than pure stands? *Acta Oecologica Scandinavia* 80 (3): 595-602.
- Keating, B.A. and P.S. Carberry 1993: Resource capture and use in intercropping: solar radiation. *Field Crops Research* 34: 273-301.
- Vandermeer, J. 1989: *The ecology of intercropping*, Cambridge University Press.
- Wubs, A.M; L. Bastiaans and P.S. Bindraban 2005: Input Levels and intercropping productivity: exploration by simulation. *Plant Research International*, note 369 Wageningen.
- Zhang, F. and L. Li 2003: Using competitive and facilitative interactions in intercropping systems enhances crop productivity and nutrient-use efficiency. *Plant and Soil* 248: 305-312.
- Zhang, F.; J. Shen; L. Li and X. Liu 2004: An overview of rhizosphere processes related with plant nutrition in major cropping systems in China. *Plant and Soil* 260: 89-99.

Anbau von Winterzwischenfrüchten und Mais zur Biogaserzeugung

C. Menke & R. Rauber

Einleitung

Für viele Biogasanlagen hat Mais als Energielieferant eine zentrale Bedeutung. Die Ackerflächen liegen jedoch vor der Maisaussaat über Winter oft brach. Um diese Zeit für weitere Produktion von Biomasse zu nutzen, und um die ökologischen Nachteile z.B. durch N-Verlagerung und Erosion durch die Winterbrache zu verringern, können Winterzwischenfrüchte angebaut werden. Welche Pflanzenarten besonders geeignet sind große Mengen an Pflanzenmasse zu liefern, den Gesamtbiomasseertrag aus Zwischenfrucht und Mais zu steigern und außerdem ökologisch vorteilhaft sind, ist Gegenstand dieses Feldversuches.

Material und Methoden

Der Versuch wurde auf dem Versuchsgut Reinshof der Universität Göttingen im August/September 2006 auf tiefgründigem Lössboden angelegt. Die Vorrucht war Winterweizen, das Stroh blieb gehäckselt auf dem Feld. Eine N-Ausgleichsgabe von 30 kg N/ha wurde gegeben, es erfolgte keine weitere Düngung zur Zwischenfrucht. Bei dem nachgebauten Energiemais wurden vier Varianten mit Gärsubstrat gedüngt (5,3 Liter/m² bzw. etwa 175 kg mineralischem N/ha), ansonsten erfolgte keine Düngung. Ausgesät wurden Futtergräser, Wintergetreidearten, Kreuzblütler, Leguminosen sowie die Kräuter Wegwarte (*Cichorium intybus*) und Spitzwegerich (*Plantago lanceolata*). Auch einige Gemenge dieser Arten wurden geprüft. Nach dem Umbruch der Winterzwischenfrüchte im Mai 2007 wurde Energiemais (Sorte „Atletico“) gesät, dieser konnte Anfang November 2007 geerntet werden. Während des Versuchszeitraumes wurden die Nmin-Werte (NO₃-N + NH₄-N) in einer Tiefe bis 90 cm in drei Schichten gemessen. Diese Messungen erfolgten zur Aussaat der Zwischenfrüchte, im Dezember 2006, März 2007, April 2007, zum Umbruch im Mai 2007, sowie zur Maisernte im November 2007. Zeitgleich wurde an den oben genannten Terminen der Aufwuchs erfasst.

Ergebnisse und Diskussion

Ertragreichste Winterzwischenfrüchte zum Erntetermin im Mai 2007 waren der Winterroggen, (Sorte „Vitallo“, 107 dt TM/ha), Inkarnatklee (106,5 dt TM/ha) Winterroggen (Sorte „Recrut“, 105,0 dt TM/ha) und Landsberger Gemenge (101,3 dt TM/ha). Ertragsschwächste Zwischenfrüchte waren Wintererbse (54,9 dt TM/ha), Wegwarte (58,3 dt TM/ha) und Gelber Steinklee (37,6 dt TM/ha).

Der Energiemais erbrachte den höchsten TM-Ertrag mit 165 dt TM/ha, wenn er der Winterbrache folgte. Hohe Erträge erbrachte der Mais auch nach Leguminosen, so konnten bei Mais nach dem Gemenge aus Winterackerbohnen und Erbsen (160 dt TM/ha), nach Zottelwicken (158 dt TM/ha), nach Ackerbohnen (153 dt TM/ha) und nach Inkarnatklee (150 dt TM/ha) die höchsten Erträge erzielt werden. Nach Bastard-Weidelgras (80 dt TM/ha), Spitzwegerich (76 dt TM/ha) und Deutschem Weidelgras (72 dt TM/ha) fielen die Maiserträge am geringsten aus.

Bei der Summe der Erträge aus den Winterzwischenfrüchten und dem nachgebauten Mais zeigte sich, dass der Inkarnatklee mit dem Mais die höchste Gesamttrocken-

masse mit 257 dt TM/ha hervorbrachte. Das Gemenge aus Ackerbohnen und Erbsen (243 dt TM/ha) und Ackerbohnen in Reinsaat (242 dt TM/ha) erbrachten zusammen mit dem Mais ebenfalls hohe Biomasseerträge. Einige Kombinationen aus Winterzwischenfrucht und Mais lieferten weniger Ertrag als der Energiemais alleine nach der Schwarzbrache. Zu den ungünstigen Winterzwischenfrüchten zählten Weidelgras (150,3 dt TM/ha) und Spitzwegerich (148,6 dt TM/ha).

Die mit Gärsubstrat gedüngten Varianten des Mais erbrachten in allen Fällen einen höheren Ertrag als die ungedüngten Vergleichsvarianten. Nach Wintererbsen (173,9 dt TM/ha) erbrachte der gedüngte Mais den höchsten Ertrag. Mit Gärsubstrat gedüngter Mais nach Winterroggen (Sorte „Vitallo“, 162,7 dt TM/ha) erbrachte mit dem Ertrag der Winterzwischenfrucht den höchsten Biomasseertrag (272 dt TM/ha).

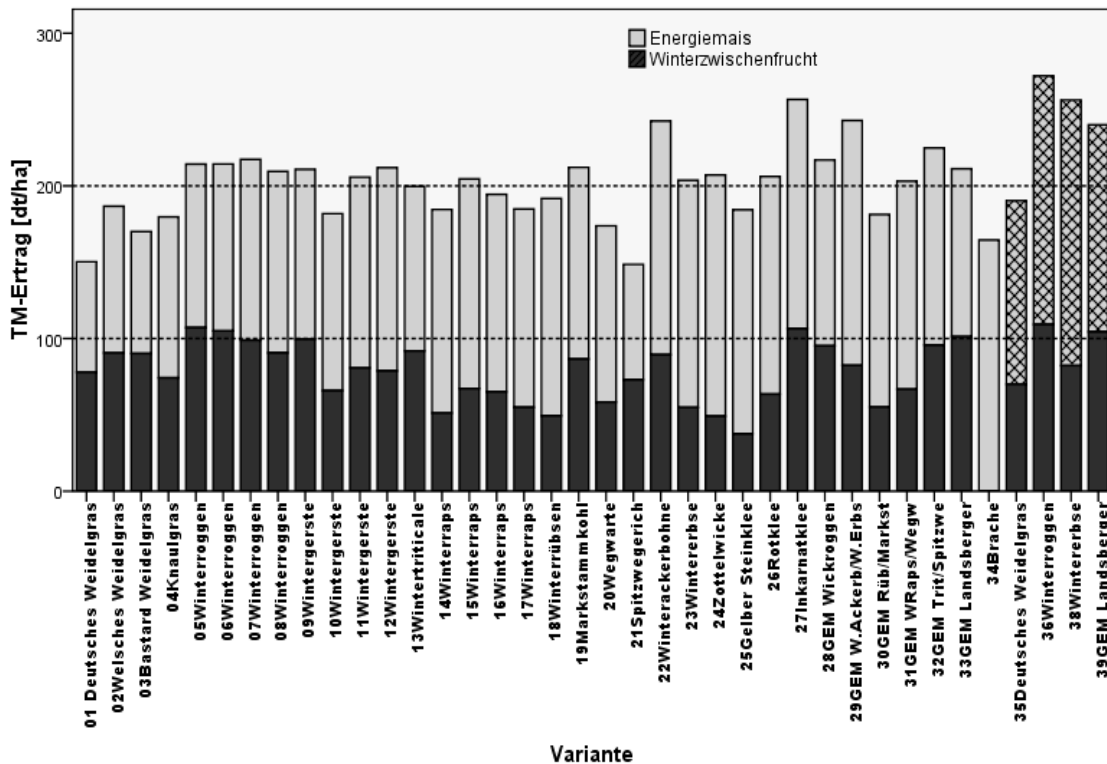


Abb.1: TM-Erträge der Winterzwischenfrüchte und des nachgebauten Maises. 30 kg N/ha wurden zu den Zwischenfrüchten gegeben. Die Varianten bei denen der Mais mit Gärsubstrat gedüngt wurde sind schraffiert dargestellt.

Insgesamt zeigt sich, dass Leguminosen eine gute Vorfrucht für den Energiemais sind. Besonders zu beachten ist neben den hohen Erträgen des Inkarnatklees auch dessen Eigenschaft, den Nmin-Wert im Boden deutlich abzusenken, von 69 kg Nmin/ha im August 2006 auf 35 kg Nmin/ha im Dezember 2006. Der hohe Ertrag des Maises nach der Schwarzbrache ist vermutlich auf den hohen Gehalt an mineralisiertem Stickstoff (89 kg Nmin/ha im Mai 2007) im Boden zurückzuführen.

Vergleichende Untersuchung zur Effizienz der Energieproduktion von *Populus* in einer Plantage und im Agroforstsystem

M. Mayus, J. Palma* & A. Möndel**

Einleitung

Die Biomasseproduktion zur Energiegewinnung kann eine wichtige alternative Komponente für landwirtschaftliche Betriebe sein. Hinsichtlich der geeigneten Anbauform besteht jedoch noch Forschungsbedarf. Wesentlich für die Wirtschaftlichkeit von Energieproduktion ist eine effiziente Nutzung der Wachstumsressourcen. Forschungsergebnisse haben gezeigt, dass moderne silvoarable Agroforstsysteme, maschinengerecht angelegte Baumstreifen auf Äckern, ökonomische und ökologische Vorteile gegenüber Monokulturen haben können. In diesem Beitrag wird die Effizienz der Bioenergieproduktion von Pappeln in unterschiedlichen Anbausystemen für den Standort Baden-Württemberg dargestellt.

Methode

In einer theoretischen Studie wurde die Effizienz der Energieproduktion von Pappeln in Reinkultur (Forst und Kurzumtriebsplantage) verglichen mit der Produktion im Mischanbau mit Getreide am Beispiel des Betriebes Ihinger Hof (Baden-Württemberg). Die Studie basiert auf folgende Annahmen:

- i) Auf Grund der Synergieeffekte ist der Gesamtflächenertrag im Agroforstsystem höher als auf der Kurzumtriebsplantage. Die im Agroforstsystem vorhandenen Wachstumsressourcen Licht, und Wasser werden stärker genutzt als in Reinkulturen.
- ii) Niedrigere Energiekosten in Kombination mit höherer Flächenproduktion führen im Agroforstsystem zu einem erhöhten Nettoenergieertrag/ha im Vergleich zur den Reinkulturen Getreide, Kurzumtriebsplantage und Forst.

Diese Annahmen wurden mit einem einfachen Agroforstmodell (Yield-SAFE) (van der Werf et al. 2005) untersucht. Yield-SAFE simuliert die Bildung von Biomasse von Bäumen und Getreide sowohl in Monokultur als auch im Mischanbau über mehrere Dekaden. Das Modell wurde hinsichtlich der Biomasseerträge von Getreide und Pappeln (Wertholz) für atlantische und mediterrane Regionen bereits ausgiebig kalibriert und getestet (Graves et al. 2007). Das Modell wurde angepasst für Pappeln im Kurzumtriebsverfahren und für die Standortbedingungen des Ihinger Hofes kalibriert. Die Rotationszeit der Pappeln betrug 14 Jahre die Getreidefruchtfolge war: 2 Jahre Winterweizen, 1 Jahr Wintergerste und 1 Jahr Winterweizen. Modelinputs waren unter anderem die Energieaufwände für unterschiedliche landwirtschaftliche Maßnahmen sowie die Energieerträge von Pappeln und Getreide pro Gewichtseinheit (KTBL 2005).

Die Effizienzbewertung der untersuchten Anbaumethoden erfolgte über die Berechnung des LER (Land Equivalent Ratio) hinsichtlich der Biomasseproduktion (LER_{Biomasse}) und der Nettoenergieproduktion ($LER_{\text{Nettoenergie}}$).

Universität Hohenheim, Institut für Pflanzenbau und Grünland (340), Fruwirthstr. 23, D-70599 Stuttgart. mayus@uni-hohenheim.de

* FORCHANGE – Forest Ecosystems Management unger Global Change, Centro de Estudos Florestais, Instituto Superior de Agronomia, Universidade Técnica de Lisboa, Tapada da Ajuda, 1349-017, Lisboa, Portugal

** Amt für Landwirtschaft, Landesratsamt Konstanz, Winterspürer Strasse 25, D-78333 Stockach

$$LER = \sum_{i=1}^n \frac{Getreideertrag_{Agroforst}}{Getreideertrag_{Monokultur}} + \frac{Holzertrag_{Agroforst_n}}{Holzertrag_{Monokultur_n}}$$

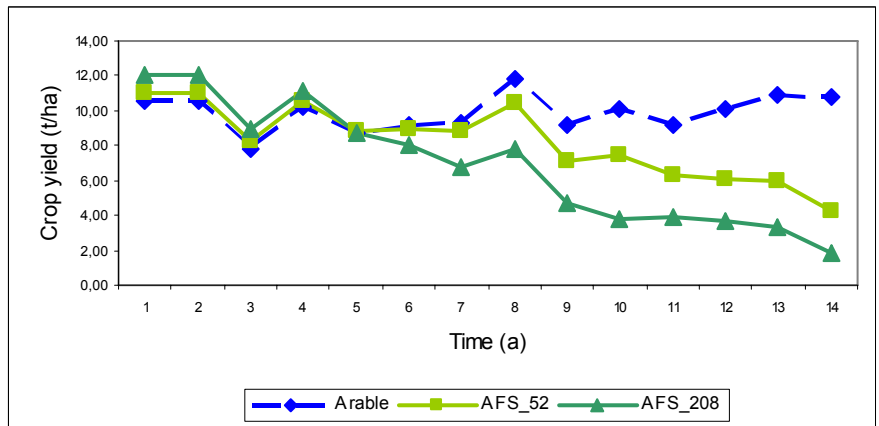
wobei der Ertrag sich entweder auf die Biomasse oder die Nettoenergieproduktion bezieht und n ist 14 Jahre.

Ergebnisse

Die simulierten Erträge für Getreide und Holz entsprechen den Getreideerträgen des Ihinger Hofes (BW) bzw. den Ertragstabellen für Pappeln (Fig.1). Die Simulationsergebnisse zeigen, dass $LER_{Biomasse}$ und $LER_{Nettoenergie}$ höher sind als 1 und somit die Produktion von Biomasse und Energie im Agroforstsystem effizienter ist als in den entsprechenden Reinkulturen (Tabelle 1).

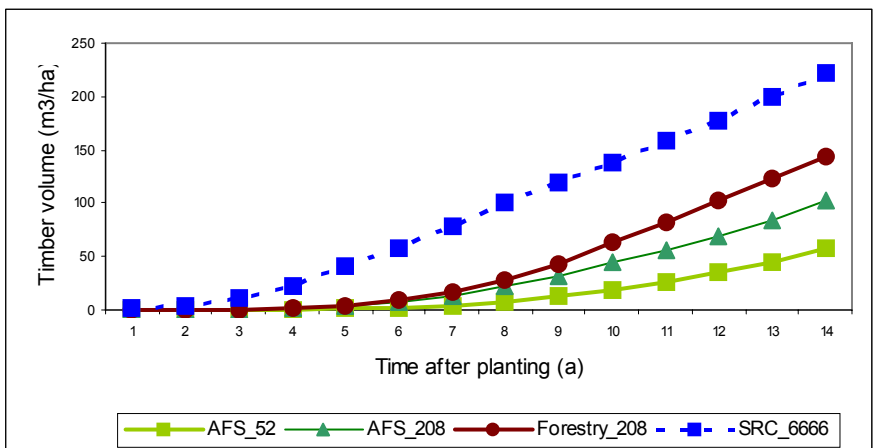
System	$LER_{Biomasse}$	$LER_{Nettoenergie}$
AFS_52	1,1	1,26
AFS_208	1,2	1,41
AFS_6666	1,0	1,19

Abb. 1: Ertragsschätzungen von Getreide und Pappeln in unterschiedlichen Anbausystemen: Reinkultur Getreide (Arable) und Pappelanbau mit 208 und 6666 Bäumen für Forst (Forestry_208) und Kurzumtriebsplantage (SRC_6666) sowie Agroforstsystemen mit 52 (AFS_52) und 208 (AFS_208) Bäumen pro ha.



Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse zeigen, dass der Biomasse- und Nettoenergieertrag der Gesamtfläche am effizientesten im Mischanbau mit der Baumdichte von 208 Pappeln pro ha erreicht werden können.



Zur Validierung des Modells und zur Optimierung von Energieanbausystemen müssen Daten in bestehenden und neuen Versuchen erhoben werden.

Literatur

KTBL. 2005. Faustzahlen für die landwirtschaftliche Praxis. 13. Auflage. (Hrsg.) Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft. Darmstadt. 1095 Seiten.

Werf, v.d. W, Keesman, 2007. Yield-SAFE A parameters-sparse, process-based dynamic model for prediction resource capture, growth and production in agro-forestry systems. Ecological Engineering 29: 419-433.

Graves, A.R., 2007. Development and application of bio-economic modelling to compare silviculture, arable and forestry systems in three European countries. Ecological Engineering 29: 434-449.

Nutzung von Staudenknöterichgewächsen (*Reynoutria HOUTT.*) als Beitrag zur Biodiversität bei der energetischen Biomasseverwertung

B. Bauer, R. Graß, R. Stülpnagel & M. Wachendorf

Einleitung

Die energetische Nutzung von Biomasse wird aufgrund von z.T. negativen Umweltauswirkungen und hinsichtlich einer zunehmenden Flächenkonkurrenz verstärkt kritisch diskutiert. Die Nutzung von Dauerkulturen und von Aufwüchsen aus der Landschaftspflege stellt eine Möglichkeit dar, die genannten Probleme zu reduzieren und bisher ungenutzte Potenziale zu erschließen sowie die Biodiversität in der Palette der Energiepflanzen zu erhöhen.

In diesem Zusammenhang sind Staudenknöterichgewächse (*Reynoutria HOUTT.*) sehr interessant, da sie über ein hohes Biomassewachstum verfügen. Diese Biomasse kann sowohl aus gezielter Inkulturnahme von *Reynoutria* als auch aus Wildbeständen stammen. Im Rahmen von Landschaftspflegemaßnahmen fallen große Mengen dieser Knöterichgewächse an, die derzeit kompostiert oder andersweitig entsorgt werden müssen. Hinsichtlich einer Nutzung wurde bisher entweder eine stoffliche Nutzung als Pflanzenstärkungsmittel oder als Brennstoff betrachtet. In dem vorliegenden Beitrag werden Untersuchungen zur Verwertung von *Reynoutria* als Substrat zur Biogaserzeugung vorgestellt. Dabei wurden sowohl Wildbestände als auch gezielt angepflanzte Bestände untersucht.

Material und Methoden

Reynoutria lässt sich in drei Sippen aufteilen: *japonica* (Japan-Knöterich), *sachalinensis* (Sachalin-Knöterich), *Reynoutria X bohemica* (hybridogene Sippe).

Die Untersuchungen gliedern sich in zwei Bereiche auf:

- a) Erhebung der Ertragsleistung bei ein- und zweifacher Schnittnutzung
- b) Biogasertragsermittlung mittels Batch-Verfahren.

Für a) wurden sechs Bestände in Hessen (HE), Bayern (BY) und Baden-Württemberg (BW) beprobt (fünf Wild- und ein Kulturbestand in BW). Dabei wurden jeweils Pflanzenproben von 3 mal 1 m² entnommen und das Gewicht sowie der TM-Gehalt bestimmt. Die Erntetermine wurden in Anlehnung an Pude und Franken (2001) gewählt, so dass bei zweifacher Schnittnutzung Anfang Juli und Anfang Oktober und bei einfacher Nutzung Anfang Oktober geerntet wurde.

Für b) wurden sechs Proben (je Sippe zwei Proben – 1. und 2. Erntetermin) im Batch-Versuch nach Zerr (2006) in Doppelbestimmung vergoren.

Ergebnisse und Diskussion

Die große Streuung der Erträge (Abb. 1) ist typisch bei der Beprobung heterogener Wildbestände. Bei allen Beständen lieferte ein zweiter Erntetermin keinen bedeutenden Ertrag. Bei dem gepflanzten Bestand (S_BW) lagen die Erträge von erstem und zweitem Schnitt auf nahezu gleichem Niveau, aber niedriger als bei den Wildbeständen. Insgesamt wurden die höchsten Biomasseerträge mit der Sippe *Japonica* erzielt, was in anderen Untersuchungen nicht bestätigt wurde (Pude und Franken, 2001).

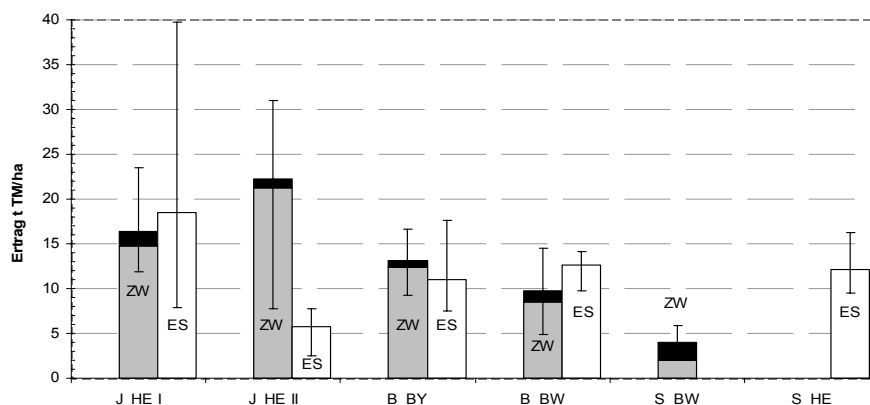


Abb. 1: Biomasseerträge von *Reynoutria*-Sippen: *J-japonica*, *B-bohemica*, *S-sachalinensis* an Standorten in Hessen (HE), Bayern (BY) und Baden-Württemberg (BW) mit den Varianten (Var.) zweischürige Nutzung (ZW) und einschürige Nutzung (ES), 2007.

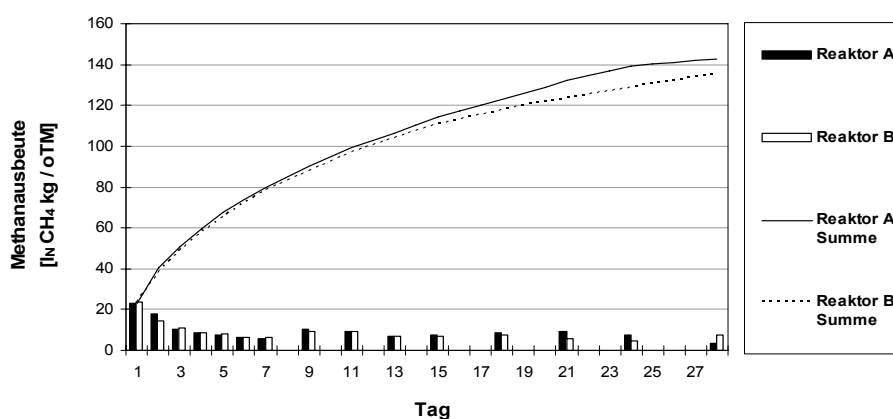


Abb. 2: Gemessene und linear interpolierte kumulierte Methanausbeuten aus *R. japonica*, später Erntetermin in Batch-Versuchen über 28 Tage Verweilzeit

Der Methanertrag betrug bei *R. japonica* $138 \text{ NI CH}_4 \text{ (kg oTM)}^{-1}$ (Abb. 2). Dieses Niveau wurde bei allen Varianten erzielt (Bauer, 2008) und lag damit niedriger als bei üblichen Substraten wie Mais oder Ganzpflanzensilage. Dennoch stellt die Nutzung von *Reynoutria* ein interessantes Potenzial für die Energiegewinnung dar, da so Synergieeffekte zwischen Landschaftspflege, Energieerzeugung und Landwirtschaft erzielt werden können. Evtl. könnten andere Konversionsverfahren zu erhöhten Energieausbeuten führen. Dazu besteht noch erheblicher Forschungsbedarf.

Literatur

- Bauer, B., 2008: Anbau, Morphologie und Verwertung von *Reynoutria* HOUTT. Diplomarbeit Universität Kassel, FB 11.
- Pude, R. und H. Franken 2001: *Reynoutria bohemica* – eine Alternative zu *Miscanthus x giganteus*? Die Bodenkultur 51 (1):19-27.
- Zerr, W. 2006: Versuchsanlage zur energetischen Beurteilung von Substraten und Kofermentaten für Biogasanlagen. Z. Umweltchemie und Ökotoxikologie 18 (4), 219-22.

Abgrenzen von Teilflächen mit Hilfe der elektrischen Leitfähigkeit (Anwendungsbeispiel)

S. Hinck, K. Mueller, N. Emeis & O. Christen*

Einleitung

Zwischen der elektrischen Leitfähigkeit eines Bodens und der Bodenart bzw. der Korngrößenverteilung besteht ein enger Zusammenhang (z.B. 1,3). Für eine systematische Abgrenzung von Teilflächen zur Bodenprobeentnahme bietet sich der Einsatz von geoelektrischen Messsystemen an. Anhand einer Datenauswertung der elektrischen Leitfähigkeit (EC) können Teilflächen abgegrenzt und anschließend gezielt beprobt werden.

Material und Methoden

Die geoelektrische Messung erfolgte mit dem Bodensensorsystem der Fachhochschule Osnabrück. Das Anwendungsbeispiel wird anhand der Fläche „Im Berge“ (2,4 ha) dargestellt. Diese Fläche zeichnet sich durch eine starke Heterogenität der Bodenart aus. Es liegen Bodenproben vor (10m * 10m Entnahmeraster), anhand dieser wurde die Korngrößenverteilung im Labor bestimmt. ⁽²⁾

Als Beispiel dienen die Messergebnisse vom 15.03.2005. Der EC ist auf eine Bodentemperatur von 25°C normiert (EC25). Die EC25-Werte sind über die Fläche interpoliert (Kriging-Methode) und anschließend als Mittelwert jeder Rasterzelle zugeordnet worden.

Ergebnisse

Abbildung 1 zeigt die räumliche Verteilung der Bodenarten, wobei der Vereinfachung wegen auf die genaue Schreibweise der Bodenart verzichtet wird. Es zeigen sich vier Bodenarten. Diese bilden zusammenhängende Teilflächen.

Wird EC25 in drei Klassen, entsprechend niedrig, mittel und hoch eingeteilt (s. Abb. 2); die räumliche Verteilung der Bodenart wird mit einer guten Ähnlichkeit abgebildet. Entsprechend des Verteilungsmusters wird die Fläche in ein Beprobungsplan eingeteilt (s. Abb. 3). Die Teilflächen des Beprobungsplans präsentieren überwiegend Rasterzellen, die einer Leitfähigkeitskategorie niedrig, mittel und hoch zu geordnet werden können. Es können einer Beprobungsteilfläche einzelne Rasterzellen einer anderen Kategorie zu geordnet sein. Dieses ist sinnvoll, um Teilflächengrößen zu erreichen, die eine sinnvolle Bewirtschaftungseinheit darstellen.

Über die jeweilige Teilfläche verteilt, können Mischbodenproben entnommen werden. In Tabelle 1 sind die vorliegen Korngrößen aus der Tiefe 0 – 30 cm aus den entsprechenden Teilflächen analysiert worden. Es zeigen sich signifikant unterschiedliche

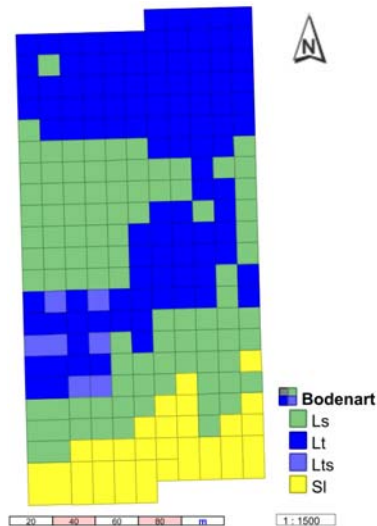


Abb. 3: Räumliche Verteilung der Bodenarten der Fläche „Im Berge“

Mittelwerte für die Korngrößen und EC25. Die C_{org} Gehalte von den Teilflächen 1 und 2 sind als gleich anzusehen.

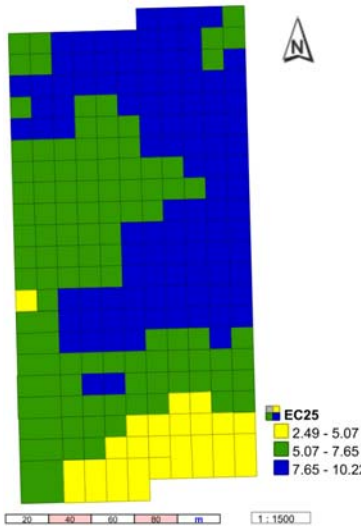


Abb. 4: Räumliche Verteilung EC25 (mS/m) auf der Fläche „Im Berge“, Messtermin 15.03.2005

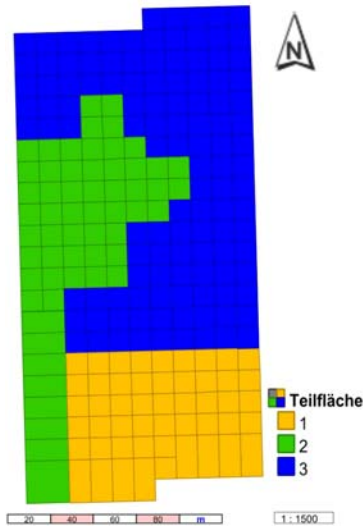


Abb. 5: Anhand der EC25-Klassen erstellter Beprobungsplan für die Fläche „Im Berge“

Fazit

Mit Hilfe der Messergebnisse des Bodensensorsystems FH OS ist es möglich einen Beprobungsplan zu erstellen, welcher als Grundlage für eine gezielte Bodenprobenentnahme dient. So werden fehlerhafte Mischproben aus z.B. sandigen und lehmigen Bereichen vermieden und die damit verbundene Fehlinterpretation der Bodenanalyseergebnisse wird minimiert. Diese Informationen dienen als Grundlage für weitere Managemententscheidungen (z.B. Ermittlung des Kalkbedarfs).

Tab. 2: Mittelwerte und Standardabweichung (Stabw.) der Teilflächen; hochgestellter ungleicher Buchstabe zeigt einen signifikanten unterschiedlichen Mittelwert zwischen den Teilflächen der entsprechenden Korngröße an, Fläche „Im Berge“

	Teilfläche 1		Teilfläche 2		Teilfläche 3	
	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.	Mittelwert	Stabw.
Sand (%)	55 ^a	7.6	47 ^b	5.5	36 ^c	6.0
Schluff (%)	28 ^a	3.4	30 ^b	2.5	35 ^c	2.7
Ton (%)	17 ^a	4.8	23 ^b	10.4	29 ^c	4.2
C_{org} (%)	1.19 ^a	0.18	1.24 ^a	0.12	1.44 ^b	0.20
EC25 (mS/m)	2.78 ^a	0.78	3.14 ^b	0.33	4.31 ^c	0.42

Danksagung:

Diese Untersuchung findet im Rahmen des Forschungsschwerpunkts PIROL statt; PIROL wird von der VolkswagenStiftung gefördert.

Literatur

- Hinck, S., Mueller, K., Emeis, N., Christen, O. (2006): „Development of a multi-sensor system for the low-sample recording of soil properties“, S. 892 – 896 in Proceedings der 17. Konferenz der International Soil Tillage Research Organisation (ISTRO) vom 28.08.2006 – 03.09.2006 in Kiel
- Hinck, S., Emeis, N., Mueller, K., Christen, O. (2005): "Beprobungsarme Abschätzung pflanzenbaulich wichtiger Bodeneigenschaften auf heterogenen Flächen am Beispiel ...", S. 84 - 85 in Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften Band 17, Hrsg.: Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften e.V. Verlag Günter Heimbach, Stuttgart.
- Sudduth, K.A., Kitchen, N.R., Bollero, G.A., Bullock, D.G., Wiebold, W.J. (2003): Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Sensing of Soil Electrical Conductivity. Agron. J., Jahrgang 95 (2003), S. 472 – 482.

Wirkung von Gehölzhäcksel auf das Unkrautvorkommen im Ökologischen Landbau

A. Banhardt, S. Gruber & W. Claupein

Einleitung

Unkräuter können sowohl große qualitative als auch quantitative Schäden am Erntegut hervorrufen. Im Ökologischen Landbau dürfen keine Herbizide eingesetzt werden, sondern es stehen nur mechanische und biologische Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung zur Verfügung. Eine weitere Möglichkeit der Unkrautkontrolle könnte die Verwendung von Gehölzhäckseln, möglichst von betriebseigenem Hecken- oder Baumschnitt, als Mulch sein. So werden Gehölzhäcksel bereits zur Unkrautbekämpfung in mehrjährigen Kulturen, besonders im Ökologischen Landbau (Ferguson et al. 2004) und in Hausgärten eingesetzt. Gehölzhäcksel mit allelopathischen Inhaltsstoffen könnten für die Unkrautkontrolle effektiver sein als Häcksel ohne diese Eigenschaften (Rathinasabapathi et al. 2005).

In der vorliegenden Studie wurde in einem Keimtest Häckselgut von acht verschiedenen Gehölzarten auf ihr Potential zur Unkrautkontrolle untersucht.

Material und Methoden

Es wurden acht Gehölzarten untersucht: Ahorn (Berg-Ahorn, *Acer pseudo-platanus* L.), Eiche (Stiel-Eiche, *Quercus robur* L. subsp. *robur*), Esche (Gewöhnliche Esche, *Fraxinus excelsior* L.), Fichte (Gewöhnliche Fichte, *Picea abies* L.), Hainbuche (Gewöhnliche Hainbuche, *Carpinus betulus* L.), Holunder (Schwarzer Holunder, *Sambucus nigra* L.), Traubenkirsche (Gewöhnliche Traubenkirsche, *Prunus padus* L. subsp. *padus*) und Weide (Purpur-Weide, *Salix purpurea* L. subsp. *purpurea*). Die Gehölze wurden im Spätwinter 2008 geschnitten und gehäckseln, und waren überwiegend frei von Laub.

Zur Erstellung der Extrakte wurden je 100 g Gehölzhäcksel mit 500 ml deionisiertem Wasser 96 Stunden lang geschüttelt. Die Extrakte wurden zentrifugiert und filtriert.

Für den Keimtest wurden jeweils 4 x 100 Rapssamen (*Brassica napus*) und 4 x 100 Kopfsalatsamen (*Lactuca sativa* var. *capitata*) verwendet. Petrischalen mit neun Zentimeter Durchmesser wurden mit je zwei Lagen Filterpapier ausgelegt. Für Rapssamen wurde jeweils 8 ml Extrakt verwendet, für Salatsamen jeweils 6 ml. Die Kontrolle wurde für beide Samenarten mit deionisiertem Wasser durchgeführt. Die Petrischalen wurden vollständig randomisiert in zwei Kisten getrennt nach Salat und Raps angeordnet. Die Anzahl gekeimter Samen wurde über drei Wochen bestimmt, gekeimte Samen wurden aus den Petrischalen entfernt. Es lag ein zweifaktorieller Versuch mit den Faktoren Samenart und Gehölzhäckselart vor.

Ergebnisse und Diskussion

Extrakte aus Weide bewirkten bei Salatsamen (Abb. 1) und Rapssamen (Abb. 2) die größte Keimhemmung. Fichten- und Hainbuchenextrakte verringerten die Keimung nur bei Salat. Holunder-, Traubenkirschen- und Eschenextrakte führten bei Raps ebenfalls zu einer Keimhemmung, bei Salat traf dies nur für Extrakte aus Eschen- und Traubenkirschenhäcksel zu. Extrakte aus Ahorn- und Eichenhäcksel führten weder bei Salat noch bei Raps zu einer signifikant geringeren Keimung gegenüber der Kontrolle.

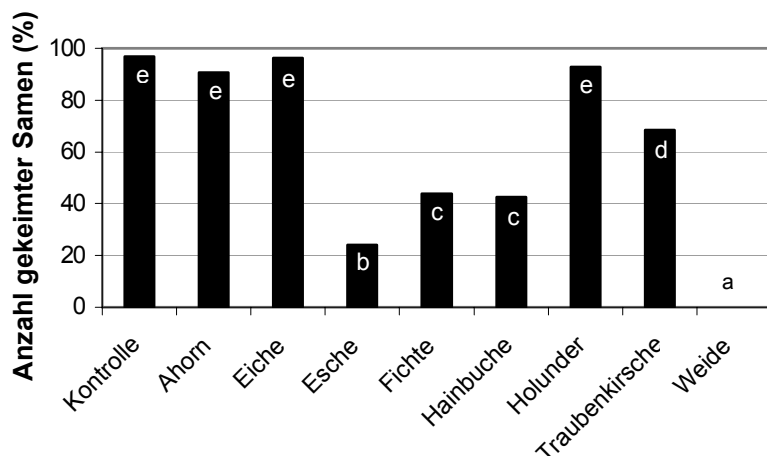


Abb. 1: Gesamte Anzahl gekeimter Salatsamen nach 21 Tagen für jede Gehölzhäckselart. Mittelwerte wurden rücktransformiert, Signifikanzen sind auf transformierte Daten bezogen, $p \leq 0.05$

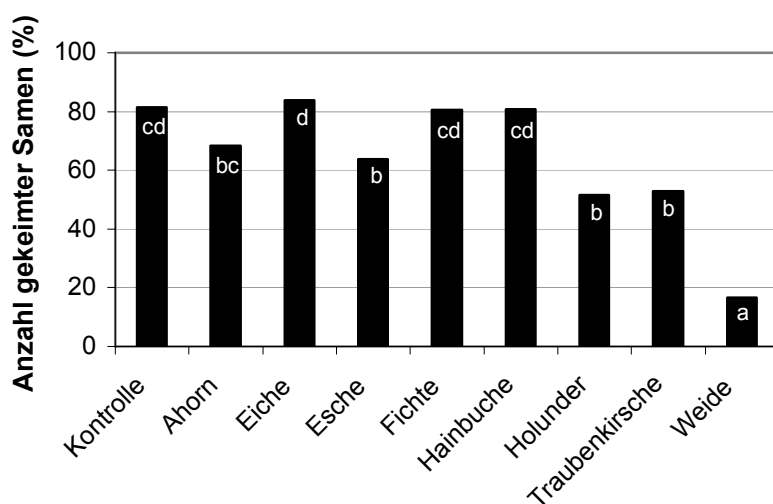


Abb. 2: Gesamte Anzahl gekeimter Rapssamen nach 21 Tagen für jede Gehölzhäckselart. Mittelwerte wurden rücktransformiert, Signifikanzen sind auf transformierte Daten bezogen, $p \leq 0.05$

Die Stärke der Keimhemmung hing sowohl von den Gehölzarten als auch von den Testpflanzen Salat und Raps ab. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen auch Ferguson et al. 2004 und Rathinasabapathi et al. 2005. Dies zeigt, dass Unkräuter wahrscheinlich unterschiedlich auf die verschiedenen Inhaltsstoffe reagieren und die Gehölzarten systematisch auf ihr allelopathisches Potential untersucht werden müssten.

Mulchen mit Gehölzhäcksel könnte zusätzlich auch einen physikalischen Effekt ausüben, z.B. durch Lichtabschluss der Samen.

Die Extraktkonzentration wurde in Anlehnung an eine mögliche Auswaschung durch Regenwasser in der Natur gewählt. Es stellt sich jedoch die Frage, inwieweit mit dem Laborversuch tatsächlich eine praxis-ähnliche Situation abgebildet werden konnte.

Weitere Versuche im Freiland werden daher notwendig sein, um die Ergebnisse aus dem Labor zu überprüfen.

Literatur

- Ferguson, J.J., Rathinasabapathi B., Gal, M., 2004: A method to screen weed-suppressing allelochemicals in Florida biomass. Proc. Fla. State Hort. Soc. 117, 231-233.
 Rathinasabapathi, B., J. Ferguson, J. Gal, M., 2005: Evaluation of allelopathic potential of wood chips for weed suppressing in horticultural production systems. Hort. Sci. 40, 711-713.

Spätverunkrautung in ökologisch angebauten Kartoffeln mit Untersaaten regulieren

C. Stumm & U. Köpke

Einleitung

Kann im Ökologischen Kartoffelanbau die Verunkrautung bis zum Bestandesschluss mechanisch erfolgreich kontrolliert werden, so bleibt nach Absterben der Bestände durch Krautfäulebefall oder früher Seneszenz das Problem der einsetzenden Spätverunkrautung. Untersaaten in Kartoffeln wurden in früheren Untersuchungen von Kainz et al. (1997) und Haas (1999) auf ihre Eignung zur Reduzierung von Nährstoffverlagerung und Erosion geprüft. Im Projekt „Leitbetriebe Ökologischer Landbau in Nordrhein-Westfalen“ wurde in den Jahren 2005 bis 2007 auf insgesamt acht Standorten die Wirkung verschiedener Untersaaten (u.a. Ölrettich, Senf, Buchweizen) zu unterschiedlichen Saatzeitpunkten („letztes Häufeln“ und „Beginn Krautfäule“) auf die Spätverunkrautung insbesondere mit Weißer Gänsefuß (*Cheopodium album*) untersucht.

Material und Methoden

Zum letzten Häufelgang und z.T. auch zu Beginn der Krautfäule wurden u.a. Ölrettich (25 kg ha⁻¹), Senf (20 kg ha⁻¹) und Buchweizen (60 kg ha⁻¹) in Blockanlagen mit vier Wiederholungen von Hand ausgebracht (Parzellengröße 3 x 6 m). Die Sprossmasse von Untersaat und Unkraut wurde kurz vor der Ernte auf 2 x 0,25 m² je Parzelle beerntet und bei 105 °C getrocknet. In jeweils einem Versuch je Versuchsjahr wurde die Dichte und Länge von *C. album* auf der kompletten Parzellenfläche bonitiert. Pflanzen < 20 cm Wuchshöhe waren aufgrund üppiger Untersaatenbestände nur schwer zu erfassen und wurden daher in die Bonitur nicht mit aufgenommen. Ertrags- und Qualitätsparameter (Anteil fauler und grüner Knollen, Rhizoctonia und Drycore, Drahtwurm, Schorf und Stärkegehalt) der Kartoffeln wurden quantifiziert. Dargestellt werden im Folgenden die Ergebnisse auf dem Versuchsbetrieb Wiesengut (Rhein-Sieg-Kreis, 50°48' N, 7°17' O, 65 m ü. NN, Durchschnittstemperatur: 10,2 °C, Jahresniederschlag: 850 mm, Bodenart: lehmig-schluffige bis sandig-schluffige Auensedimente, Ackerzahl: 20-70) und dem Leitbetrieb Stautenhof (Kreis Viersen, 51°18' N, 6°22' O, 45 m ü. NN, Durchschnittstemperatur: 9,3 °C, Jahresniederschlag: 700 mm, Bodenart: sandiger Lehm, Ackerzahl: 60-80).

Ergebnisse und Diskussion

Für die Praxis kommen aus betriebswirtschaftlicher Sicht vornehmlich solche Aussaattermine in Frage, die keine zusätzliche Überfahrt notwendig machen. Dafür bieten sich der letzte Häufelgang oder das Krautabschlegeln nach Krautfäulebefall an. Die Untersaaten entwickelten sich in den eigenen Untersuchungen bei Aussaat zum Zeitpunkt „letztes Häufeln“ deutlich stärker und reduzierten die Unkrauttrockenmasse (Stumm & Köpke 2007) und die Dichte von *C. album* im Vergleich zur Aussaat zu „Beginn Krautfäule“ signifikant (Tab. 1).

Tab. 1: Einfluss von Saatzeitpunkt und Untersaaten auf Pflanzendichte und -länge von Weißer Gänsefuß (*C. album*). Standort Wiesengut am 19. September 2005. Varianten in der selben Spalte die mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet sind unterscheiden sich signifikant (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$).

Variante	Pflanzen m ⁻²	Mittlere Länge (cm)
Vor letztem Häufeln	0,49 b	50,2
Nach letztem Häufeln	0,53 b	47,1
Beginn Krautfäule	0,95 a	45,6
Ölrettich	0,46 b	51,2
Senf	0,62 ab	45,2
Buchweizen	0,74 a	46,1
Kontrolle	1,13	52,2

Kontrolle dargestellt, jedoch nicht in die zweifaktorielle, statistische Auswertung einbezogen

Sowohl die Dichte von *C. album* (Tab. 1) als auch die Unkrautrockenmasse (Tab. 2) wurden durch Untersaaten signifikant reduziert. Untersaaten mit Ölrettich und Senf reduzierten die Unkrautrockenmasse signifikant am stärksten (Tab. 2). Für Gemüsebaubetriebe, die Kruziferenzwischenfrüchte vermeiden wollen, wird Buchweizen als Untersaat in Kartoffeln empfohlen. Die Unkrautrockenmasse war mit der Sprosstrockenmasse der Untersaaten höchst signifikant negativ korreliert ($r = 0,93$, $\alpha = 0,001$, $n = 11$, Mittelwerte der Versuchsjahre 2005 und 2006, Standort Stautenhof). Einflüsse der Untersaaten auf den verkaufsfähigen Knollenertrag, die Qualität sowie den Befall mit Krankheiten und Schädlingen wurden nicht festgestellt.

Tab. 2: Sprosstrockenmasse von Unkraut und Untersaaten zur Kartoffelernte. Standort Stautenhof. Probenahmen am 06. September 2005 und am 07. September 2006. Varianten in der selben Spalte die mit verschiedenen Buchstaben gekennzeichnet sind unterscheiden sich signifikant (Tukey-Test, $\alpha = 0,05$).

Variante	2005		2006	
	Untersaat t ha ⁻¹	Unkraut t ha ⁻¹	Untersaat t ha ⁻¹	Unkraut t ha ⁻¹
Ölrettich	6,05 a	0,58 c	3,64	1,11 ab
Senf	5,52 a	0,64 c	5,45	0,71 b
Buchweizen	2,79 b	2,08 b	3,32	0,96 ab
Kontrolle	-	3,45 a	-	2,83 a

Literatur

- Haas, G. (1999): Untersaaten in Kartoffeln zur Minderung von Nitratausträgen: Arteneignung. Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaft. 12, 121-122
- Kainz, M., Gerl G., Auerswald, K. (1997): Verminderung der Boden- und Gewässerbelastung im Kartoffelanbau des Ökologischen Landbaus. Mitteilungen der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft 85, 1307-1310
- Stumm, C. & U. Köpke (2007): Untersaaten in Kartoffeln zur Reduzierung der Spätverunkrautung. In: Zikeli S., W. Claupein, S. Dabbert, B. Kaufmann, T. Müller & A. Valle Zárate (Hrsg.) (2007): Zwischen Tradition und Globalisierung, Beiträge zur 9. Wissenschaftstagung Ökologischer Landbau am 20.-23. März 2007 in Hohenheim. 117-120.

Volunteer maize - a new source for gene dispersal in temperate zones?

K. Regan & S. Gruber*

Introduction

Gene dispersal of genetically modified (GM) maize (*Zea mays*) by pollen has been extensively discussed in the past (1). Seed persistence and maize volunteers, however, are only little described to date, though maize volunteers have been observed in Europe. In order to learn something about the probability of GM maize to voluntarily germinate in areas where it is not intended, or in subsequent years after its harvest, two experiments were conducted to determine maize seed persistence over winter in soil. The first consisted of two parts, one in the laboratory and one in the field. The second drew on questions and observations of the first to understand what role soil moisture might play in persistence success.

Materials and Methods

All experiments included a period of maize seed storage under different conditions followed by a germination test. The first experiment (1a) consisted of four replicates of 100 seeds each of four varieties of non-GM maize (Buffel, Sirius, SUM 1088 and Zamora). These were placed into slightly moist soil (7% moisture) in the lab and stored at three different temperatures (-18°C, +4°C and +10°C) for eight weeks to simulate varied winter conditions. The varieties SUM 1088 and Zamora had also in November 2007 been buried in fabric bags at two different depths (5 cm and 20 cm) in an agricultural field to overwinter under field conditions for four months (Exp. 1b). The buried bags were retrieved in March 2008. All stored seeds were transferred to Petri dishes with 12 ml of deionized water and incubated at 20°C. Seeds from Exp. 1a were kept under dark conditions at all times, while those from Exp. 1b were exposed to light, having been exposed in the field. Germination rates were recorded over the next 14 days. On the 15th day all viable but ungerminated seeds were transferred to an alternating light and temperature incubator to stimulate germination of possibly dormant seeds. In Exp. 2, four replicates of 100 seeds each of varieties Sirius and Zamora were incubated in three different soil moisture environments (10%, 30% and 50% soil moisture by weight) and at two different “overwintering” temperatures (-18°C and +4°C) for each moisture level. After six weeks, all seeds were transferred to Petri dishes for a germination test as described for Exp. 1a.

Results and Discussion

Lab-stored seeds in Exp. 1a demonstrated 97-100% germination at the two lower storage temperature regimes within five days of transfer to Petri dishes (data not shown). However, seeds stored at +10°C showed more variable germination responses. (See Fig. 1, below.)

All seeds at all soil moisture levels and at -18°C germinated completely within five days of transfer to a 20°C chamber (Exp.2, data not shown). Variety Sirius germinated well after storage at +4°C and 30% soil moisture, but germination declined dra-

University of Hohenheim, MSc student, EnviroFood Kathleen Regan, kath.regan@gmail.com

* Institut für Pflanzenbau und Grünland, Universität Hohenheim, 70593 Stuttgart, grubersf@uni-hohenheim.de

matically at 50% soil moisture. Variety Zamora showed a distinct and significant ($P < 0.0001$) response at both 30% and 50% soil moistures when the storage temperature was +4°C (See Fig. 2, below).

At higher storage temperatures combined with higher soil moisture, heavy fungal contamination was observed and germination was inhibited.

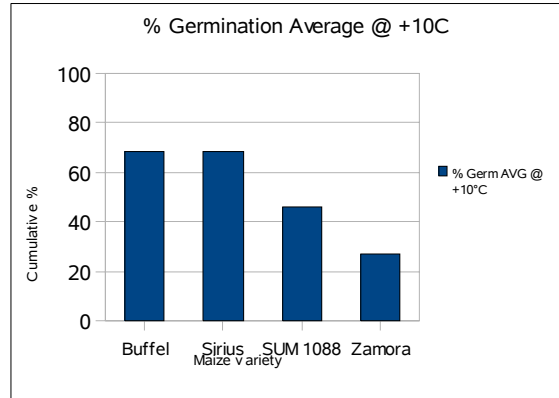


Fig. 1: Germination variability among four maize varieties after incubation at +10°C (Exp. 1a).

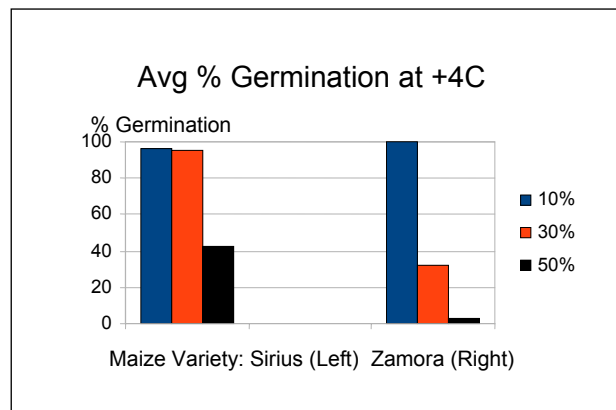


Fig. 2: Germination variability between two maize varieties stored at one temperature (+4°C) but three soil moisture levels (Exp.2).

It cannot be stated with certainty that fungal contamination was the cause of germination failure but it does suggest that if winters become warmer and wetter, overwintering success of volunteer maize may decline. However, cold, dry temperatures did not inhibit germination in these experiments. As GM maize production expands in north central Europe, cold, dry winters will be no guarantee of control of volunteer maize.

Reference:

Cerdeira, AL & Duke SO. The current status and environmental impacts of glyphosate-resistant crops: a review. *J Env Qual* 35: 1633-1658 (2006).

Biodiversitätsbewertung von Grünlandflächen in Mecklenburg-Vorpommern

L. Dittmann & R. Schönfeld-Bockholt

Einleitung

Ausgangspunkt der Untersuchungen war die Fragestellung nach dem Niveau der Diversität höherer Pflanzen auf typischen Grünlandstandorten in Mecklenburg-Vorpommern. Untersuchungen zum Einfluss von Standortfaktoren und Bewirtschaftungsintensitäten auf die Pflanzenartenvielfalt wurden an mehr als 1800 Habitataufnahmen (25 m² bzw. 10 m² bei Parzellenversuchen) in Mecklenburg-Vorpommern mit dem Ziel einer Systematisierung und Bewertung der Pflanzenbestände nach Grünlandtyp, Feuchtegruppe und Nutzungsart durchgeführt. Es ergaben sich viele Probleme bezüglich der rationellen Datenbearbeitung und -archivierung, der landwirtschaftlichen und ökologischen Bewertung, der Klassifikation und Aggregation zu typischen Mustern sowie der mathematisch-statistischen Auswertung. Eine Unterscheidung der räumlichen Skalen der Phytodiversität ist dringend erforderlich. Die Zielstellung dieses Beitrages besteht deshalb in einer Diskussion des Methodenspektrums mit Fachkollegen.

Material und Methoden

Die Pflanzenaufnahmen verteilen sich wie folgt auf Standort- und Nutzungskategorien: 61 % Mineralgrünland; 28 % Niedermoor; 11 % Salzgrünland – 58 % Landwirtschaftliche Nutzung mit einem Weideanteil von 75 %; 42 % Naturschutzfläche mit 65 % Weideanteil. Die Verrechnung der Basisdaten erfolgte mit einem EXCEL-Kalkulationsrahmen, der eine Datenbank mit Kennwerten (Futterwertzahl nach Klapp, ökologische Kennzahlen nach Ellenberg, Mahdverträglichkeitszahl nach Briemle/Ellenberg, Wasserstufen nach Hundt und Kennzeichnung in der Roten Liste) von ca. 1000 Pflanzenarten enthält. Mit Hilfe der Pflanzenartennummer kann in einem separaten Tabellenblatt eine Aufnahmeliste Standort angepasst erstellt werden. Die Flächenanteile der vorkommenden Pflanzenarten dienen der gewichteten Berechnung aller Kenngrößen sowie der Shannon- und Evenness-Indizes für jede Habitataufnahme auf der Grundlage der Artenanzahl und -verteilung. Diese Ergebnisse fließen in eine Ergebnisdatenbank ein und werden der weiteren Auswertung über Pivot-Tabellen und Grafiken zugeleitet sowie mit Ordinations- und Statistiksoftware aufbereitet. Vorrangig kamen das frei verfügbare Statistikpaket PAST V1.83 (HAMMER 2008) sowie SPSS V15 zur Anwendung.

Ergebnisse und Diskussion

Die Methodik der Vegetationsklassifizierung nach Pflanzengesellschaften ist exakt und auf modernem informationstechnischen Niveau von BERG et alia (2004) in einem zweibändigen Werk mit CD für Mecklenburg-Vorpommern dargestellt worden. Damit wird auch die Zuordnung von Pflanzenaufnahmen zu Pflanzengesellschaften über Kennarten erleichtert. Neben dieser Bewertung der Diversität in der Landschaft (Gamma-Diversität) werden hingegen auch weitere Betrachtungen auf niedriger geografischer Skala bedeutsam. Bei der Frage nach der Möglichkeit, die Artenvielfalt zu erhalten, geht es zunehmend mehr darum, komplexe Systemprozesse zu ergründen und nicht nur die Artenanzahl zu registrieren. Die Erschließung multivariater Ver-

fahren mit guter Interpretierbarkeit der Ergebnisse rückt mehr in den Vordergrund. Das leicht zu nutzende Datenanalysepaket PAST (eigentlich der Paläontologie gewidmet) enthält viele multivariate Prozeduren, Zeitreihenanalyseverfahren und sogar geografische Analysemethoden. Eine Zusammenfassung der für alle Pflanzenaufnahmen berechneten Shannon-Indizes nach Standort- und Nutzungsaspekten der untersuchten Grünlandflächen beschreibt die gegenwärtige Diversitätssituation auf unterstem Skalenniveau mit Hilfe der Mittelwerte und Standardabweichungen (Abbildung 1).

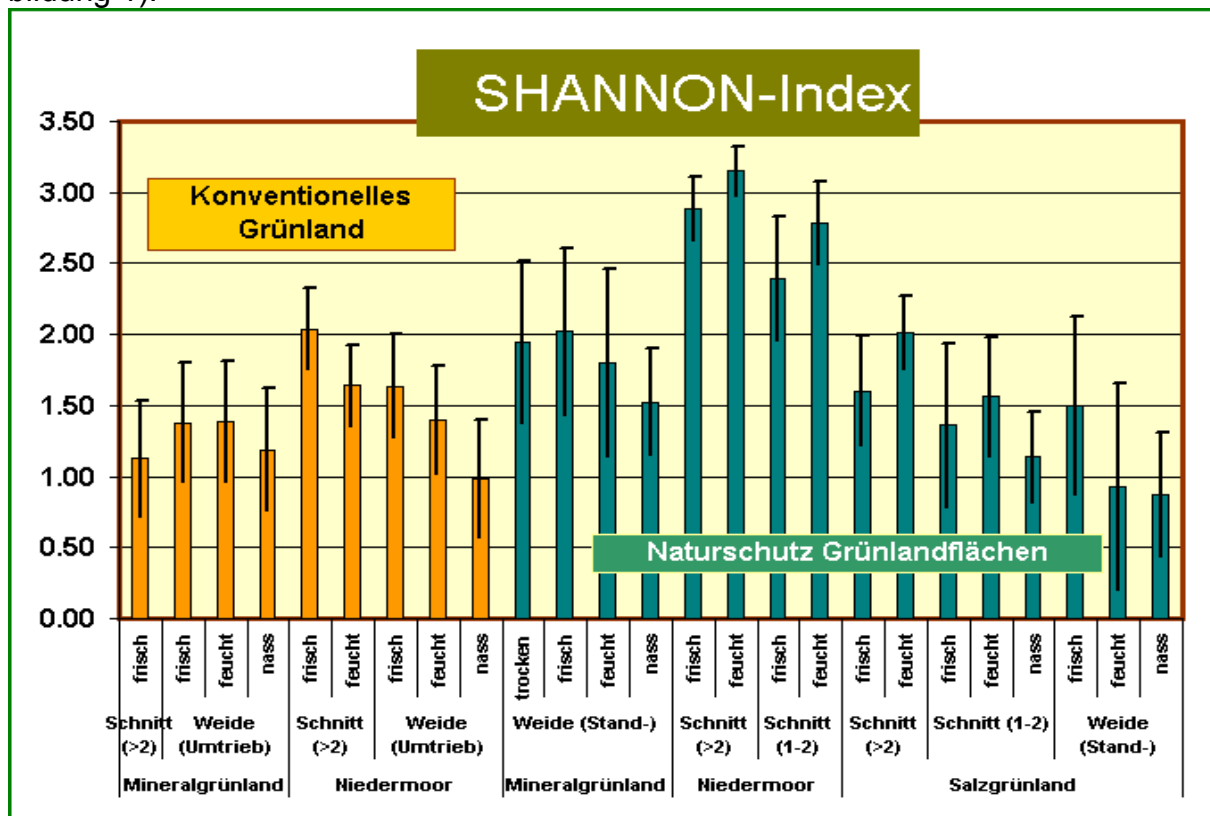


Abb. 1: Diversitätsvergleich der Grünlandstandorte mit dem Shannon-Index

Nach einer varianzanalytischen Auswertung aller Einzelaufnahmen (Prozedur Allgemeines Lineares Modell in SPSS) ergab sich eine Schätzung solcher Werte für Mecklenburg-Vorpommern. Die signifikanten Schätzergebnisse wurden mit einem dreifaktoriellen Modelldesign bei zweifacher Wechselwirkung erzielt. Neben den beschreibenden werden gegenwärtig auch weitergehende analytische und bewertende Methoden von den Verfassern erprobt, die sich vorrangig auf die Softwarenutzung von SPSS und PAST beziehen. Die Biodiversität-Umwelt-Analyse mit CCA, CVA, RA bzw. Ähnlichkeits- oder Distanzanalysen mit PCA, DCA und deren grafische Veranschaulichungen werden gegenwärtig auf Nutzbarkeit erprobt.

Literatur

- Berg, C., Dengler, J., Abdank, A., Isermann, M. (2004) [Hrsg.]: Die Pflanzengesellschaften Mecklenburg-Vorpommerns und ihre Gefährdung – Textband.-606 S. Weissdorn-Verlag, Jena, ISBN 3-936055-03-3.
 Hammer, O. User's manual PAST s. Internet-Link:<http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html>

Der Einfluss von Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Mulchen auf die Alpha - Biodiversität höherer Grünlandpflanzen

(Ergebnisse eines 16-jährigen Parzellenversuches in der Kernzone des Nationalparks
„Vorpommersche Boddenlandschaft“ Sundische Wiese)
R. Schönfeld – Bockholt

Einleitung

Außer dem Schutz von vom Aussterben bedrohten Lebewesen ist die Erhaltung höchstmöglicher Biodiversität ein erklärtes Ziel des Natur- und Umweltschutzes. Im Jahre 1992 sind mit der Gründung des Nationalparks „Vorpommersche Boddenlandschaft“ 600 ha Intensivgrünland zur Kernzone des Nationalparks erklärt worden. Als Entwicklungsziele gelten seitdem Extensivierung, Naturschutz und Artenreichtum.

Material und Methoden

Es handelt sich um wechselfeuchten Grundwasser – Sandboden mit 600 mm Jahresniederschlag und 8,0 ° C Jahrestemperatur im langjährigen Mittel. Nach Zwischennutzung mit Silomais erfolgte die Anlage des 3-faktoriellen Feldversuches auf nach Boden- und Wasserverhältnissen einheitlichem Land.

3-faktorieller Parzellenversuch mit 4 – facher Wiederholung, Parzellen 12 m ² : Wasserstufe 2+ nach PETERSEN bzw. Feuchtezahlen 5,6 bis 5,8 nach ELLENBERG).		
Faktor A (3 Stufen): Begrünungsvariante	Faktor B (4 Stufen): Nutzungshäufigkeit	Faktor C (2 Stufen): Verbleib der Phytomasse
Selbstbegrünung Weidelgrasmischung Vielartenmischung m. Klee	Ohne Nutzung = Sukzession 1 Schnitt / Jahr 2 Schnitte / Jahr 3 Schnitte / Jahr	Phytomasse geräumt Phytomasse gemulcht

Die botanischen Aufnahmen erfolgten jährlich (1992 bis 2007, 16 Jahre) als Flächenanteilschätzung, sie wurden mit Varianzanalysen und Duncan-Tests ausgewertet. In Bezug auf Trockenmasseertrag und Nährstoffentzug traten nach einer früheren Auswertung bereits ab erstem Jahr signifikante Differenzen in Abhängigkeit von allen 3 Versuchsfaktoren auf. Ab 4. Nutzungsjahr des Versuches sind bereits hoch signifikante Differenzen der Bodenparameter in Abhängigkeit von der Schnitthäufigkeit und dem Verbleib der Phytomasse nachgewiesen worden, wobei die freie Sukzession signifikant den stärksten Nährstoffanstieg hatte.

Ergebnisse und Diskussion

Die mittlere Zusammensetzung des Pflanzenbestandes und deren Entwicklung (Abb.1) ist durch 10 dominierende Arten >2% und zahlreiche sonstige Arten <2% charakterisiert. Mit Ausnahme der Knäuelbinse, die in Mecklenburg Vorpommern auf der Roten Liste der geschützten Pflanzenarten steht, treten die Zielarten des Naturschutzes nicht als dominierende Pflanzen in Erscheinung. Insgesamt 8 Rote Liste-Arten und 2 Leguminosen des Salzgrünlandes als Zielarten des Naturschutzes befinden sich aber unter den Pflanzenarten <2%. Alle 3 Versuchsfaktoren wirkten signifikant auf die Alpha - Biodiversität (Anzahl der Pflanzenarten je Parzelle), wobei die Selbstbegrünung, die 3-Schnittnutzung und die Entfernung der Phytomasse jeweils die besten Ergebnisse erzielten (Tab.1). Weitere hoch signifikante Einflussfaktoren waren die Wiederholung bzw. die Lokalisation der Parzelle (+++) und die

Jahre (+++). Dieselben Einflussfaktoren wirkten auch signifikant auf die prozentualen Anteile zahlreicher einzelner Arten.

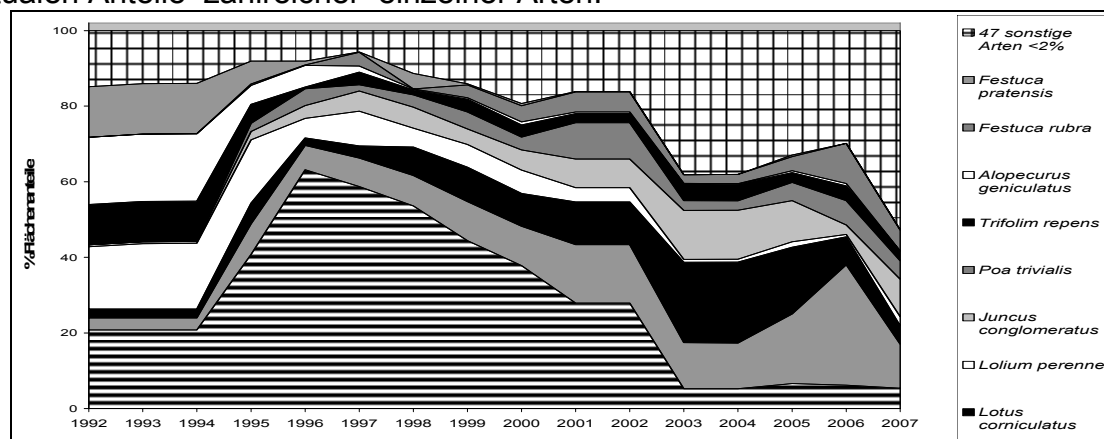


Abb.1:

Die 10 wichtigsten Pflanzenarten im Mittel aller Behandlungsvarianten

Nach Kombination der Einflussfaktoren stehen sich als Extremvarianten die Selbstbegrünung mit 3-Schnitten und entfernter Phytomasse (12,6 Arten je 12 m²) sowie die Vielartenmischung ohne Schnitt (freie Sukzession, 5,4 Arten je 12 m²) gegenüber.

Tab. 1: Pflanzenarten (n) je Parzelle (12 m²) (= Alpha - Biodiversität) nach Versuchsfaktoren und Signifikanz der Differenzen, Gesamtmittel = 8,1

Ansaat-Variante +++	Selbstbegrünung 8,87 b	Vielartenmischung 7,58 a	Weidelgräser 7,84 a	
Schnitt-Häufigkeit +++	Ohne Schnitt 6,16 a	1 Schnitt 6,63 a	2 Schnitte 8,75 b	3 Schnitte 9,88 b
Verbleib der Phytomasse +++	Ohne Schnitt 6,16 a	Phytomasse gemulcht 7,66 b	Phytomasse entfernt 9,19 c	

Die Zielarten des Naturschutzes werden nicht ausschließlich in der Bestvariante begünstigt, so dass Kompromisslösungen in Form von Betreiben mehrerer Nutzungsvarianten eine günstige Lösung bieten würde. Es kann gezeigt werden, dass durch Hinzufügen von weiteren Nutzungsvarianten je zusätzlicher Variante mit einer Erhöhung der Biodiversität um 2,4 Pflanzenarten zu rechnen ist. ($Y = 2,3929x + 21,571$; $r^2 = 0,9495$; $Y =$ Anzahl der Pflanzenarten, $X =$ Anzahl der Nutzungsvarianten; auf $4 \cdot 12 =$ je 48m^2).

Zusammenfassung und Schlussfolgerungen

Alle 3 Versuchsfaktoren (Begrünungsvariante, Schnitthäufigkeit und Verbleib der Phytomasse) sowie 2 weitere (Lokalisation der Parzellen und Jahre) übten einen signifikanten Einfluss auf die Alpha-Biodiversität höherer Grünlandpflanzen aus. Die höchste Biodiversität wird in der Kombination von Selbstbegrünung mit 3 maligem Schnitt /Jahr und mit der Entfernung der Phytomasse erreicht. Insgesamt ergibt sich eine gegenläufige Tendenz zum Nährstoffreichtum des Bodens. Mulchen ist auf Naturschutzflächen in Folge Verminderung von Biodiversität und geschützten Arten nicht zu empfehlen.

Einflüsse von Düngung und Nutzung auf die Biodiversität und das botanische Arteninventar von Grünlandparzellen

E. Alabsi, L. Dittmann, R. Bockholt & H. Czyz*

Einleitung

Für die Stabilität und Produktivität von Grünland-Ökosystemen spielt eine hohe Biodiversität offenbar eine maßgebliche Rolle (Tracy & Sanderson 2004). Das Ziel der Arbeit besteht in der Bestimmung der Beeinflussbarkeit (oder Stabilität) des Arteninventars auf Grünlandstandorten in Ostseenehe. Drei Experimente mit vergleichbarem Versuchsdesign dienten als Untersuchungsobjekte.

Material und Methoden

Als Versuchsbasis diente Grünland verschiedener Standortbedingungen. Es handelt sich um Ergebnisse aus dem Jahr 2006, wobei der Deckungsgrad in % nach 7 jähriger Versuchsdauer auf Mineralboden (Versuchstation Uni-Rostock), 8 jähriger Versuchsdauer auf Niedermoor (Petschow bei Rostock) und 3 jähriger Versuchsdauer auf Mineralboden (bei Stettin; Polen) bestimmt wurde (Tab.1).

Tab. 1: Versuchsanordnung auf den drei Standorten

Standort	Faktor 1	Faktor 2
Niedermoorgrünland bei Rostock seit 1999	ohne Düngung	3 Schnitt
Mineralbodengrünland bei Rostock seit 2000	N (Kalkammonsalpeter) 150 kg/ha	3-4 Weide
Mineralbodengrünland bei Stettin seit 2004	P (Tripelsuperphosphat) 30 kg/ha	
	K (60 % KCl) 150 kg/ha	

Ergebnisse und Diskussion

Die botanische Diversität ist auf den Versuchsstandorten Niedermoor Rostock und Mineralboden Rostock bei 3 bis 4 maliger Weidenutzung geringer als bei 3 maliger Schnittnutzung und insgesamt stärker durch Nutzung und Bodenwasserhaushalt differenziert als durch die Düngungsstufen (Abb. 1). Aber das war auf dem Versuchsstandort Mineralbodengrünland Stettin (Polen) anders. Auf den Versuchsstandorten Niedermoor Rostock und Mineralboden Rostock wurden geringe Differenzen zwischen den Mittelwerten der Artenzahl und des Shannon-Indexes, im Vergleich von Schnitt- und Weidenutzung und zwischen den Düngungsstufen ermittelt. Bei dem Mineralbodengrünland Stettin war der Mittelwert der Artenzahl bei Weidenutzung höher als bei Schnittnutzung (Tab. 2). Geringfügige Differenzen der Feuchtezahl zwischen Schnitt- und Weidenutzung wurden in logischen Relationen ermittelt. Bei Weidenutzung auf Niedermoor und Mineralbodengrünland in Polen traten geringfügig höhere Futterwertzahlen und geringfügig höhere Lichtzahlen, aber etwas geringere Temperaturzahlen auf. Die Futterwertzahlen auf Mineralbodengrünland Rostock ist bei Schnittnutzung höher als bei Weidenutzung. Die höheren Futterwertzahlen bei Schnittnutzung basieren auf höheren Anteilen von Rotklee (FWZ 7) und höheren Anteilen von Deutschem Weidelgras (FWZ 8). Die Flächenanteile der 4 dominanten Arten wurden in Tabelle 3 beschrieben.

Der Einfluss dieser Bewirtschaftungsfaktoren auf die Pflanzenbestände erfolgte im Verlauf der Versuchsdauer unter jährlich differenzierter Witterung.

Universität Rostock, Agrar -und Umweltwissenschaftliche Fakultät, Fachbereich Grünland und Futterbau, Justus-von-Liebig-Weg 6, 18059 Rostock,

* Akademia Rolnicza W Szczecinie, Wydział Kształowania Środowiska i Rolnictwa

Pflanzenarten		Schnitt								Weide							
Deutscher Name	Lateinischer Name	Ohne K				Mit K				Ohne N				Mit N			
		oD	P	N	NP	K	PK	NK	NPK	oD	P	K	PK	N	NP	NK	NPK
Rohrglanzgras	<i>Phalaris arundinacea</i>	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Welsches Weidelgras	<i>Lolium multiflorum</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Wiesen Sauerampfer	<i>Rumex acetosa</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Knautgras	<i>Dactylis glomerata</i>	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Flutender Schwaden	<i>Glyceria fluitans</i>	1	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0
Stumpfbblätteriger Ampfer	<i>Rumex obtusifolius</i>	0	1	0	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gamander Ehrenpreis	<i>Veronica chamaedrys</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gundermann	<i>Glechoma hederacea</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Große Brennnessel	<i>Urtica dioica</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Löwenzahn	<i>Taraxacum officinale</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Gemeine Rispe	<i>Poa trivialis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Gemeine Quecke	<i>Agropyron repens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Knickfuchsschwanz	<i>Alopecurus geniculatus</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesenrispe	<i>Poa pratensis</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Kriechender Hahnenfuß	<i>Ranunculus repens</i>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesenlieschgras	<i>Phleum pratense</i>	0	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	1
Behaarte Segge	<i>Carex hirta</i>	1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1
Weiß Klee	<i>Trifolium repens</i>	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Wiesen Fuchsschwanz	<i>Alopecurus pratensis</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0
Vogelmiere	<i>Stellaria media</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1
Krauser Ampfer	<i>Rumex crispus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	0	0	1
Deutsches Weidelgras	<i>Lolium perenne</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1

Abb. 1: Seriation der Pflanzenarten auf dem Standort Niedermoorgrünland, Rostock

Tab.2: Ökologische Kennzahlen im Vergleich der Nutzungsvarianten

	Niedermoor Rostock		Mineral. grünland Rostock				Mineral. grünland Polen					
	Schnitt		Weide		Schnitt		Weide		Schnitt		Weide	
	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.
Shannon-Index	2,3	1,4	2,2	1,4	1,9	0,6	2,1	0,8	1,9	0,6	2,0	1,1
Evenness	1,0	0,6	1,0	0,6	0,9	0,3	0,9	0,6	0,8	0,3	0,8	0,4
Lichzahl	7,4	6,3	7,5	6,6	7,9	7,2	7,9	6,3	7,4	6,4	7,4	6,4
Feuchtezahl	7,1	4,8	7,1	5,0	5,3	4,6	6,6	5,0	5,9	5,4	5,5	5,0
Reaktionszahl	7,0	4,0	7,0	6,5	6,9	6,0	8,0	3,0	6,4	6,0	6,1	3,5
Stickstoffzahl	7,6	6,5	7,3	6,4	7,6	5,5	7,3	5,9	6,7	4,9	6,9	5,2
Artenzahl / Parzelle (α Biodiversität)	14	7	14	6	13	6	14	4	14	7	19	8

Tab. 3: Flächenanteil der 4 dominanten Arten (%)

Niedermoor (in Rostock)		Mineralboden (in Rostock)		Mineralboden in Polen	
<i>Poa trivialis</i>	25%	<i>Lolium perenne</i>	19%	<i>Festuca rubra</i>	28%
<i>Poa pratensis</i>	12%	<i>Trifolium pratense</i>	18%	<i>Taraxacum officinale</i>	20%
<i>Lolium perenne</i>	10%	<i>Poa trivialis</i>	11%	<i>Dactylis glomerata</i>	17%
<i>Taraxacum officinale</i>	9%	<i>Taraxacum officinale</i>	9%	<i>Poa pratensis</i>	13%

Eine intensivere Nutzung und Nährstoffversorgung erhöhte den Grasanteil, insbesondere den der Untergräser. NPK-Düngung führt tendenziell zu Grasbeständen mit geringer Artenzahl, für die biologische Vielfalt ist besonders eine Stickstoffdüngung abträglich. Die PK Düngung erhält den Artenreichtum weitgehend.

Literatur

Tracy, B. F. und Sanderson, M. A., 2004: Forage productivity, species evenness and weed invasion in pasture communities. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 102, 175-183.

***Colchicum autumnale* und Maßnahmen zur Unterdrückung**

M. Elsaßer

Einleitung

In bestimmten Bereichen Süddeutschlands kommt es zu einer massiven Vermehrung unerwünschter Pflanzen mit hoher Giftigkeit, z. B. der Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*), die die Aufwüchse als Futter nahezu wertlos machen. Die Begründung für diese Entwicklung ist in der auf diesen Flächen zurückgehenden Nutzungsintensität durch einerseits Naturschutzvorgaben oder Ökologisierungsprogramme und andererseits durch die Änderung des Verwendungszwecks des Futters zu suchen. Früher wurden diese Aufwüchse von Wiesenflächen von Milchvieh, heute zunehmend durch Mutterkühe, Jungrinder oder Pferde verwertet bzw. Aufwüchse werden teilweise nur gemulcht und nähern sich daher mehr und mehr Brachstadien an. Die Herbstzeitlose ist ein in allen Pflanzenteilen sehr giftiges Grünlandunkraut, das von 2 Pflanzen/qm an zu bekämpfen ist. Nach Liebenow (1993) ist die Aufnahme von 75 g frischen Herbstzeitlosen bzw. noch weniger von den getrockneten Pflanzen für Rinder tödlich. Bei Pferden und Schweinen liegt die tödliche Dosis deutlich darunter. Welche Maßnahmen mechanischer oder chemischer Art sind zur Unterdrückung wirksam und welche davon sind in Einklang mit den Förderprogrammen anwendbar? Es werden erste Ergebnisse des bis Ende 2010 laufenden Versuches dargestellt.

Material und Methoden

Das Experiment wurde im Jahr 2006 auf einer stark mit Herbstzeitlose bestandenen Wiesenfläche in Geislingen bei Balingen am Rande der Schwäbischen Alb angelegt. Die Fläche ist mit Auflagen des Agrar-Umweltprogrammes MEKA hinsichtlich der Beschränkung des Einsatzes von chemisch-synthetischem Pflanzenschutz versehen. Eine Auflage hinsichtlich des Nutzungstermines besteht nicht.

Die Versuchsbehandlungen folgten Angaben zur Bekämpfung in älterer Literatur (Diercks u. Junker, 1959; Wehsarg, 1929; Stählin, 1969). Folgende Varianten wurden untersucht:

1. Kontrolle
2. Schröpschnitt Anfang Mai
3. Walzen zum 1. Aufwuchs
4. Mulchen ohne Abfuhr Mitte Mai
5. Früher Heuschnitt (Ende Mai)
6. Früher Heuschnitt plus Herbizid zum 1. Aufwuchs (2006: Aaherba combi; Nachbehandlung in 2007 mit Simplex 2 l/ha)
7. Früher Heuschnitt plus Herbizid wie in Var. 6 und zusätzlich Übersaat (25 kg/ha der amtlich empfohlenen Mischung NS3 mit Oberflächenstreuer zum 2. Aufwuchs 2006)

Die Versuchspartzellen sind 10 x 30 m groß und 3-fach wiederholt. In jede Behandlungspartzelle ist eine Dauerbeobachtungsfläche mit 25 m² Größe eingemessen. Indikator für den Erfolg einer Maßnahme ist die Anzahl der Herbstzeitlosepflanzen im ersten Aufwuchs

Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Nach nun drei Versuchsjahren lässt sich die Wirksamkeit der Maßnahmen zumindest in der Tendenz festhalten. Die Ergebnisse sind mit Abb.1 dargestellt.

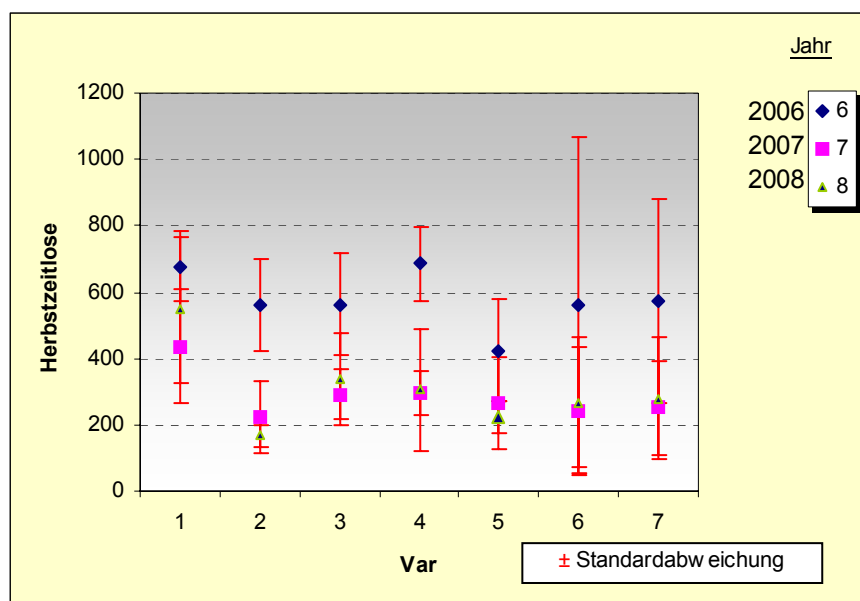


Abb. 1: Ausgangsbestand (2006) und Veränderung der Anzahl an Herbstzeitlosepflanzen am Versuchsstandort Geislingen im ersten Aufwuchs

Bislang zeigte sich, dass Schröpfschnitt (Var. 2) bei 10 cm Wuchshöhe der Herbstzeitlosen und Mulchen (Var. 4; z.Ztp. Löwenzahn mit Fruchtstand) die Anzahl der Herbstzeitlosen im Ausgangsbestand am stärksten reduzierten. Walzen, das bei anderen Pflanzen wie Bärenklau oder Wiesenkerbel erfolgreich eingesetzt wurde, scheint bei der Herbstzeitlose ohne Wirkung zu bleiben. Die chemische Behandlung mit nicht selektiven Herbiziden ist zwar wirkungsvoll, widerspricht jedoch den Vorgaben des MEKA - Förderprogrammes durch Beseitigung aller krautartigen Pflanzen. Der frühe Schnitt (vor dem eigentlichen Heuerntetermin Anfang Juni) scheint zumindest bislang nur wenig Erfolg zu haben. Vielleicht erfolgte dieser Schnitt zu spät, so dass die Knollen der Herbstzeitlose wieder genügend Assimilate einlagern konnten, bevor die Blätter entfernt wurden.

Literatur

- Diercks, R. und H. Juncker, 1959: Zur Bekämpfung der Herbstzeitlose. Praktische Blätter für Pflanzenbau und Pflanzenschutz, 183-193.
- Liebenow, H. und K. Liebenow, 1993: Giftpflanzen. Gustav Fischer Verlag, Jena, 4. Aufl., 251 S..
- Stählin, A., 1969: Maßnahmen zur Bekämpfung von Grünlandunkräutern. Das wirtschaftseigene Futter, 15, 4, 249-334.
- Wehsarg, O., 1929: Die Verbreitung und Bekämpfung der Unkräuter in Deutschland. Arbeiten der deutschen Landwirtschaftsgesellschaft, Heft 365, 1-125

Differenzierte Futteraufnahme von Galloway- und Hinterwälderrindern bei *Colchicum autumnale*

M. Elsaßer & C. Goyert

Einleitung

Herbstzeitlose (*Colchicum autumnale*) ist stark giftig. Mit der Reife nimmt der Alkaloidgehalt zu. Beim Trocknen oder starken Anwelken, Lagern oder Kochen bleibt die Giftwirkung erhalten. Die Gehalte unterschiedlicher Pflanzenteile betragen: Samen 0.5-1.2%, frische Blüten 1.2-2.0%, frische Blätter bis zu 0.15-0.4%, Knollen 0.1-0.6% (CliniTox, 2008). Die tödliche Dosis für Mensch und Tier liegt bei 2-40 mg Colchicin.

Weidetiere sind in der Regel in der Lage Giftpflanzen zu selektieren. Trotzdem fressen nach Beobachtungen aus der Praxis Gallowayrinder Herbstzeitlose ohne erkennbare Schädigung auf der Weide mit. Ihr Fressverhalten wurde mit dem der Rasse Hinterwälder auf einer Weide in Zillhausen bei Balingen verglichen.

Material und Methoden

Im Versuchsjahr 2006 wurden jeweils 3 Tiere der Rassen Hinterwälder und Galloway je 3 Wochen im ersten Aufwuchs auf zwei separat abgeteilten Weideflächen mit einer Größe von 12 ar gehalten. In den Großparzellen wurden je 4 Beobachtungsflächen von je 25 m² eingemessen und fest vermarkt. Die Anzahl der Herbstzeitlosepflanzen wurde darin sowohl anfangs als auch nach der Beweidung gezählt und nach dem Weideabtrieb wurden die einzelnen Herbstzeitlosepflanzen gemäß dem Grad der Beschädigung in 4 Schadensstufen eingeteilt. Eine Wiederholung der Beweidung nach dem gleichen System ausschliesslich mit Gallowayrindern erfolgte im Jahr 2007. Im folgenden werden aber nur die Beobachtungen von 2006 dargestellt.

Ergebnisse und Diskussion

Mit dem durchgeführten Weidesystem war gewährleistet, dass eine gewisse Futterknappheit erzeugt wurde. Der Weidedruck war so hoch, dass zumindest theoretisch die Herbstzeitlose aufgenommen werden hätte können. Das Fressverhalten zwischen den beiden Rinderrassen unterschied sich deutlich. Während die Hinterwälder-Rinder zwar ebenfalls kleine Mengen an Herbstzeitlosen vor allem gegen Ende der Weidephase mit beginnender Futterknappheit aufnahmen (Abb. 1), war der Anteil der gänzlich geschädigten und damit komplett abgefressenen Herbstzeitlosen bei den Galloways um ein Vielfaches größer (Abb. 2). Die Galloways zeigten dabei keinerlei Einschränkungen hinsichtlich der Tiergesundheit, allenfalls ein in der Koppel liegender Bandwurm könnte ein Hinweis auf die starke Zellgiftwirkung des Colchicins sein. Untersuchungen am Fleisch eines der Gallowayrinder zeigten keine Zunahme von Colchicin im Fleisch.

Aus diesen Versuchsergebnissen kann aufgrund der nur einjährigen Beobachtungen nicht geschlossen werden, dass mit einer Beweidung mit Galloways Herbstzeitlosen massiv bekämpft werden können. Allenfalls kann gefolgert werden, dass zwischen Rinderrassen Unterschiede im Fressverhalten bestehen und einzelne Rassen eine unterschiedliche Toleranz für Toxine haben können.

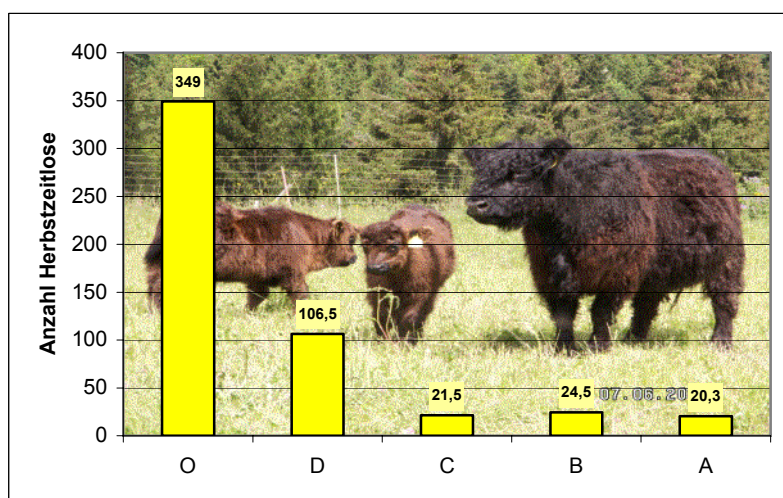
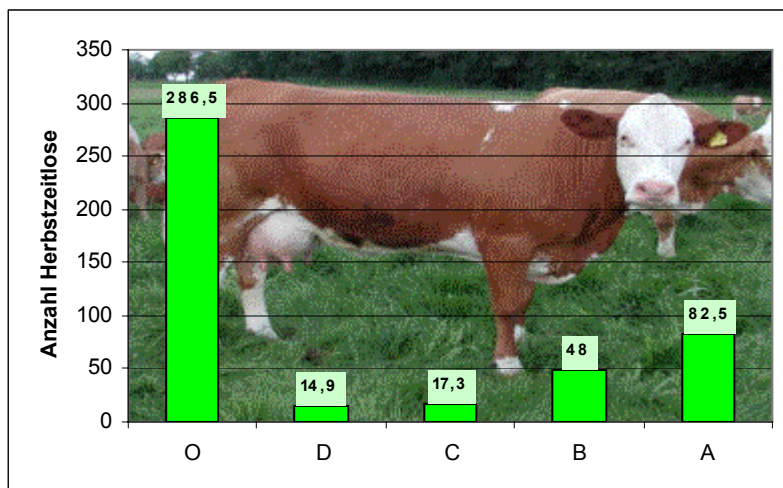


Abb. 1 und 2: Zahl der Herbstzeitlosen im Ausgangsbestand und nach dreiwöchiger Beweidung und Grad der Beschädigung einzelner Pflanzen (Erklärung: **O** = Ausgangsbestand; **D** = alles weggefressen bis auf Stängelstumpf; **C** = ganze Blattmasse bis auf Kapsel abgefressen; **B** = ein bisschen angefressen; **A** = nichts angefressen)
(Wiederfindungsrate der Herbstzeitlosen nach der Beweidung nicht bei 100%, da Pflanzen zum Teil in den Boden eingetreten wurden oder von Exkrementen verdeckt waren)

Schlussfolgerungen

Das Fressverhalten von Hinterwälder- und Gallowayrindern ist sehr charakteristisch. Hinterwälder vermeiden auch bei hohem Weidedruck die Aufnahme von giftigen Herbstzeitlosepflanzen weitgehend. Gallowayrinder fressen die Pflanzen offenbar ohne erkennbare Schädigungen, aber auch sie fressen diese Pflanze nur bei Futterknappheit. Ein Übergang von Colchicin in das Fleisch der Gallowayrinder konnte bei einem untersuchten Tier nicht festgestellt werden.

Literatur

CliniTox CH, 2008: Website Institut für Veterinärpharmakologie und -toxikologie, Winterthurerstrasse 260, 8057 Zürich, Schweiz (www.clinitox.ch)

Vergleich der Regeneration von Narbenschäden nach Winterbeweidung durch Rinder und Pferde

M. Belkina, T. Mattern, H. Laser

Einleitung

Weiden werden nie gleichmäßig trittbelastet, da bestimmte Attraktionszentren häufiger frequentiert werden. So entstehen insbesondere bei Winterbeweidung je nach Frequentierung durch die Weidetiere Schäden in der Grasnarbe, die wiederum Einfluss auf die botanische Zusammensetzung haben.

Material und Methoden

Auf Winterweiden von zwei Grünlandbetrieben mit Pferdehaltung wurden Dauerbeobachtungsflächen mit abgestuften Schadensintensitäten (= 0, 50 und 100 %) angelegt. Dort wurden in Frühling und Frühsommer in regelmäßigen Abständen die Veränderungen der botanischen Zusammensetzung (Ertragsanteilschätzungen) und der Bedeckung dokumentiert. Diese Daten wurden hier mit ähnlich erhobenen Daten von Rinderweiden (Schadensintensitäten hier = 0, 25, 50, 75 und 100 %; vgl. Mattern & Laser 2007) verglichen.

Ergebnisse und Diskussion

Das Grundmuster der Artenspektren verschieden stark geschädigter Weidebereiche von Pferde- und Rinderweiden ist ähnlich. So sind z. B. signifikant höhere Anteile Therophyten generell in stark geschädigten Bereichen – aufgrund besserer Keimungsbedingungen - festzustellen. Ein auffälliger Unterschied besteht jedoch bezüglich dem Vorkommen von Stickstoffzeiger-Arten (NZ 7-9; siehe Ellenberg et al. 2001), diese sind in den Abb. 1 und 2 dargestellt. Auf Rinderweiden kommt es durch die ungezielte Kotabgabe der Rinder in häufig frequentierten und damit stark geschädigten Weidebereichen zu einer Akkumulation von Nährstoffen (Opitz v. Boberfeld et al. 2005), wodurch höhere Ertragsanteile von Stickstoffzeigern festzustellen sind. Auf Pferdeweiden sind die geschädigten Weidebereiche magerer, da Pferde zum Abkoten gezielt Weidebereiche aufsuchen und diese ansonsten nicht betreten. Höhere Ertragsanteile von Stickstoffzeigern sind dem entsprechend in den wenig geschädigten Weidebereichen zu finden.

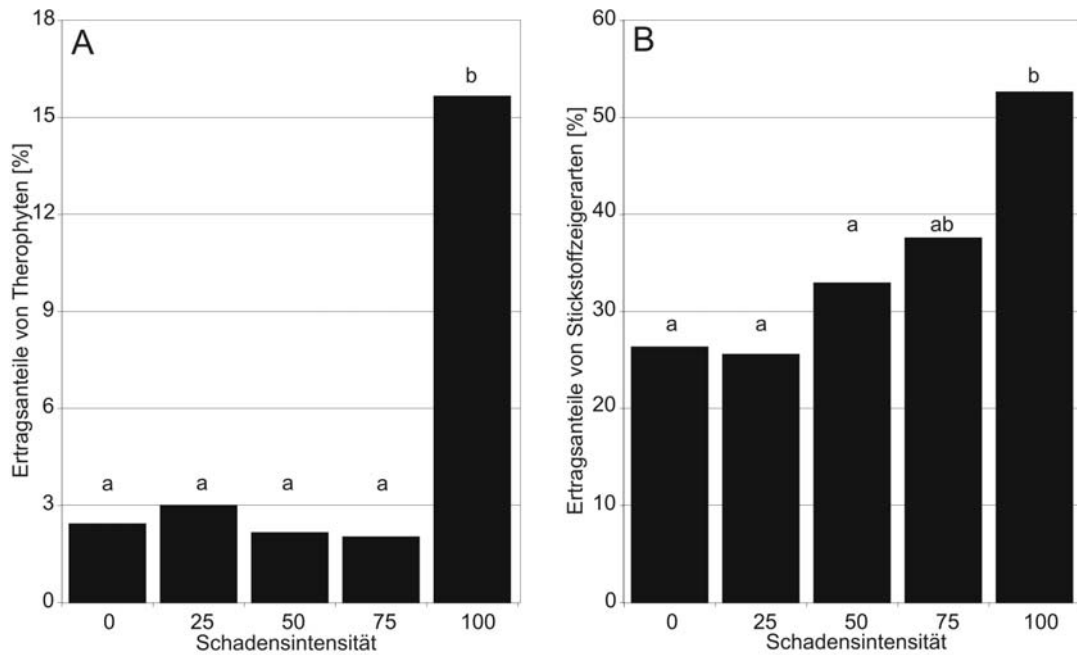


Abb. 1: Mittlere Ertragsanteile von Therophyten (A) und Stickstoffzeigerarten (B) auf Rinderweiden im Mai 2007 in Abhängigkeit von der Schadensintensität nach Winterbeweidung. Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind in Kleinbuchstaben angegeben.

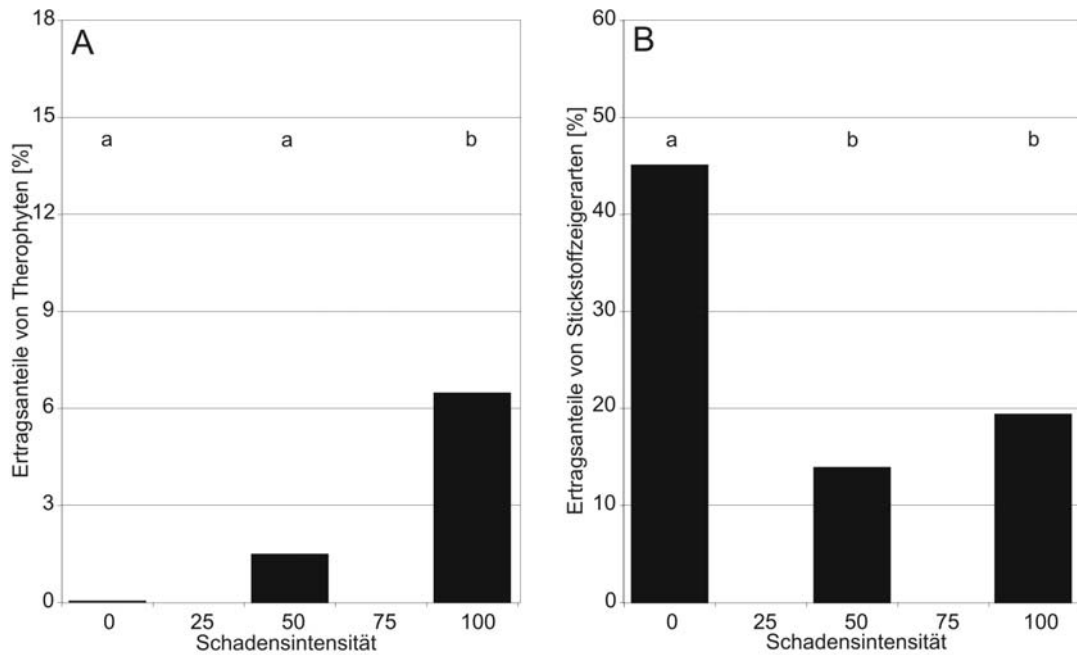


Abb. 2: Mittlere Ertragsanteile von Therophyten (A) und Stickstoffzeigerarten (B) auf Pferdeweiden im Mai 2007 in Abhängigkeit von der Schadensintensität nach Winterbeweidung. Signifikante Unterschiede ($p < 0.05$) sind in Kleinbuchstaben angegeben.

Literatur

- Mattern T. & H. Laser 2007: Narbenregeneration in Abhängigkeit von der Schadensintensität. *Mitt. Ges. f. Pflanzenbauwiss.* 19: 150-151.
- Ellenberg H., H. E. Weber, R. Düll, V. Wirth & W. Werner 2001: Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa. *Scripta Geobotanica* 18, 1-262.
- Opitz v. Boberfeld W., M. Sterzenbach & H. Laser 2005: Accumulations of N, P and K in soil in different systems of outdoor keeping during winter with cattle. *Die Bodenkultur* 56, 53-60.

Auswertung hyperspektraler Datensätze mittels MPLS zur Bestimmung des Trockenmasseertrages von Leguminosen/Gras-Gemengen

S. Biewer, T. Fricke & M. Wachendorf

Einleitung

Das Wachstum von Leguminosen/Gras-Gemengen wird durch temporäre sowie räumliche Einflüsse geprägt, wie z. B. Schnittnutzung, Frostschäden, Nährstoff- oder Wasserversorgung. Variable Standortverhältnisse können daher zu unterschiedlichen Ertragshöhen oder gar Ertragsausfällen auf Teilflächen des Feldes führen. Mit einer teilflächenspezifischen Erfassung des Trockenmasseertrags (TM-Ertrags) während der Arbeitsgänge im Feld könnte diese Variabilität besser erfasst und mit entsprechenden Maßnahmen reagiert werden.

Der folgende Beitrag beschäftigt sich mit der feldspektroskopischen Erfassung des Trockenmasseertrags von Klee-grasgemengen. Dabei wurde die Modified Partial Least Square (MPLS) Regression zur Auswertung der hyperspektralen Datensätze verwendet.

Material und Methoden

Auf der Versuchsstation Neu-Eichenberg der Universität Kassel wurden im Jahr 2006 neun verschiedene Reinsaaten und binäre Gemenge aus Deutschem Weidelgras, Weißklee, Rotklee, Luzerne und Hornklee (Tabelle 1) in drei Wiederholungen in

Tabelle 1: Untersuchte Arte, Sorten und Saatstärken

Pflanzenbestände	Sorte	Saatstärke: (kg ha ⁻¹)	
Dt. Weidelgras (W)	Fennema	0/25	
Weißklee/W	Klondike	4/0	4/15
Rotklee/W	Pirat	8/0	8/15
Luzerne/W	Ameristand	16/0	16/15
Hornklee/W	Rocco	8/0	8/15

unterschiedlichen Entwicklungsstadien untersucht. Die Parzellen wurden wöchentlich auf 0,25 m² großen, fortlaufenden Beprobungsflächen beerntet. Einen Tag vor der Ernte wurden die Flächen mit einem Feldspektrometer der Firma Analytical Spectral Devices (ASD) im Wellenlängenbereich von 350 bis 2500 nm gemessen. Die Mes-

sungen wurden zwei Stunden vor und nach Sonnenhöchststand bei möglichst klarem Himmel durchgeführt, um Störungen durch Wolken zu vermeiden. Anschließend wurde die Biomasse geerntet und für 48h bei 65°C getrocknet. Insgesamt wurden 13 Intervallernten und 3 Haupternten, an denen die gesamte Parzelle geschnitten wurde, durchgeführt. Da die Luzerne- und Hornkleebestände nur zu den Hauptschnitten beprobt wurden belief sich die Zahl der untersuchten Proben auf 256. Die gemessenen hyperspektralen Daten wurden zunächst durch einen Algorithmus nach Savitzky & Golay (1964) geglättet, und die Wellenlängen 350-399, 1361-1409, 1801-1949 und 2461-2500 nm wegen erhöhtem Rauschsignal an den Skalenenden und in den Wasserabsorptionsbanden visuell ausgeschlossen. Dann wurden Kalibrationen mittels der MPLS Regression errechnet, dabei wurde das Programm WinISI III (Infrasoft International, LLC. FOSS) verwendet.

Ergebnisse und Diskussion

Je nach Entwicklungsstadium, welches von der Bestockung bis zur Blüte des Grases und zur Samenbildung der Leguminosen reichte, lagen die TM-Erträge zwischen 6 und 1756 g m⁻² (Tabelle 2). In der Kreuzvalidierung der MPLS konnte der TM-Ertrag mit einem Bestimmtheitsmaß (1-VR) von 0.77 und einem Standardfehler von 106 g m⁻² in einer allgemeinen, alle Gemengezusammensetzungen umfassenden, Kalibration geschätzt werden. Da unter Praxisbedingungen Klee-grasgemenge selten mehr als eine Leguminosenart enthalten, wurden neben der allgemeinen Kalibration, bestandesspezifische Kalibrationen entwickelt, in die jeweils Reinsaaten des Dt. Weidelgrases und eine Leguminosenart sowie deren Gemenge eingingen. Durch die leguminosenspezifischen Kalibrationen konnte die Schätzgenauigkeit verbessert werden, mit Ausnahme der weißklee-spezifischen Kalibration. (Tabelle 2). Wahrscheinlich verhinderte die Bestandesstruktur des Weißklee, mit seinen horizontal ausgerichteten Blättern und hohen Lichtextinktionskoeffizienten (Lantinga et al., 1999), dass die einfallende Strahlung in tieferen Bestandesschichten noch ausreichend reflektiert und absorbiert wurde und führte somit zu ungenaueren Schätzergebnissen.

Tabelle 2: Kalibrationsstatistik zur TM-Bestimmung durch MPLS

Varianten	N	Kalibration					Kreuzvalidierung		
		Min.	Max.	Mittelwert	SD	SEC	R ²	SECV	1-VR
Alle	241	6.0	1755.8	310.4	221.4	87.0	0.85	105.9	0.77
Weißklee	128	6.0	878.6	229.2	172.0	71.7	0.83	86.0	0.75
Rotklee	124	6.0	1755.8	298.8	244.5	82.5	0.89	98.3	0.84
Luzerne	25	6.0	1077.5	485.4	301.6	82.0	0.93	105.9	0.87
Hornklee	27	6.0	822.0	370.9	249.7	33.7	0.98	67.4	0.93

SEC: Standardfehler der Kalibration, R²: Bestimmtheitsmaß, SECV: Standardfehler der Kreuzvalidierung, 1-VR: Bestimmtheitsmaß der Kreuzvalidierung.

Die Ergebnisse der MPLS Regression zeigen das Potential, welches in der Feldspektroskopie zur Bestimmung des TM-Ertrages liegt. In einer vorangegangenen Untersuchung im Gewächshaus konnten wegen standardisierter Strahlungsbedingungen höhere Schätzgenauigkeiten erzielt werden (Biewer et al., 2008). Durch den Einsatz eines zusätzlichen Sensors zur Messung der einfallenden Strahlung oder der Verwendung von Kunstlicht bei den Messungen, könnte daher die Schätzgenauigkeit im Feld noch gesteigert werden.

Literatur

- Biewer, S., Erasmi, S., Fricke, T. und Wachendorf, M. (2008): Prediction of yield and the contribution of legumes in legume-grass mixtures using field spectrometry. Precision Agriculture, Online first: DOI 10.1007/s11119-008-9078-9.
- Lantinga, E.A., Nassiri, M., Kropff, M.J. 1999: Modelling and measuring vertical light absorption within grassclover mixtures. Agricultural and Forest Meteorology 96, 71-83.
- Savitzky, A. und Golay, M.J.E. 1964: Smoothing and Differentiation of Data by Simplified Least Squares Procedures. Analytical Chemistry 36 (8), 1627-1639.

Energetische Nutzung von Grünlandsilagen extensiver Standorte durch eine Integrierte Festbrennstoff- und Biogasproduktion aus Biomasse (IFBB)

F. Richter, S. Kuschnereit, R. Graß, T. Fricke & M. Wachendorf

Einleitung

Vor dem Hintergrund europäischer Klimaschutz- und Agrarpolitik ergibt sich für die Landwirtschaft einerseits die Frage, wie auf landwirtschaftlichen Flächen mit hoher Konversionseffizienz und geringer Konkurrenz zur Nahrungsmittelproduktion Energie erzeugt werden kann. Andererseits hinterlässt die Milchviehwirtschaft mit zunehmender Abkehr von energiearmem Grünfutter extensiv bewirtschafteter Flächen und dem verstärkten Einsatz von Kraftfutter große Grünlandbestände ohne Bewirtschaftung. Um solche ökologisch wertvollen, zumeist sehr artenreichen Flächen zu erhalten, stellt sich die Frage nach einem neuen Nutzungskonzept.

Eine Antwort auf beide Fragen könnte die Energieerzeugung aus Grünlandbiomasse geben. Diese zeichnet sich jedoch häufig durch hohe Faser- und Ligninanteile aus, die eine effiziente Nutzung als Biogassubstrat verhindern. Hohe Gehalte an Mineralstoffen (Korrosion im Brennkessel, Ascheerweichung) sowie Stickstoff und Schwefel (Emissionen) erschweren hingegen die Verwertung als Brennstoff (Hartmann, 2001). Beim IFBB-Verfahren wird landwirtschaftliche Biomasse daher durch hydrothermische Konditionierung und mechanische Entwässerung mittels Schneckenpresse in einen faserarmen Presssaft (PS) zur Biogaserzeugung und einen mineralstoffarmen Presskuchen (PK), der nach Trocknung mit der Abwärme des Biogasprozesses als lagerfähiger Festbrennstoff zur Verfügung steht, separiert (Reulein et al., 2007). Ziel dieser Studie war es, Grünlandbiomasse extensiver Standorte nach dem IFBB-Verfahren zu verwerten und das Methanpotenzial der PS in Gärversuchen sowie die Brennstoffqualität der PK zu analysieren.

Material und Methoden

Silagen von fünf extensiven Grünlandbeständen in den Höhenlagen der Rhön und des Schwarzwaldes bildeten das Ausgangsmaterial (AM) für die mechanische Entwässerung, vor der jede Silage in drei verschiedenen Temperaturstufen (5°C, 60°C, 80°C) mit Wasser im Verhältnis 1:4 (Silage:Wasser) konditioniert wurde.

Die PS sowie die AM als Ganzpflanzensilagen wurden in Batch-Versuchen bei 37°C für 13 (PS) bzw. 27 (AM) Tage vergoren. In den AM und den PK wurden die Gehalte der für den Verbrennungsprozess problematischen Elemente sowie der Heizwert und die Ascheerweichungstemperatur bestimmt.

Ergebnisse und Diskussion

Die PS zeichneten sich durch eine hohe Methanbildung in den ersten vier Tagen des Versuches aus, in denen 80-89% der gesamten Methanausbeute gebildet wurden (Abb. 1a). Letztere bewegte sich in einer Spanne von 304 bis 522 IN kg⁻¹ oTS und war im Mittel bei den 60°C- und 80°C-Varianten höher als bei den 5°C-Varianten. Die Methanbildung der Ganzpflanzensilagen erfolgte hingegen langsamer und kontinuierlicher über den gesamten Versuchszeitraum, während die spezifische Methanausbeute mit 158-268 IN kg⁻¹ oTS deutlich geringer war (Abb. 1b).

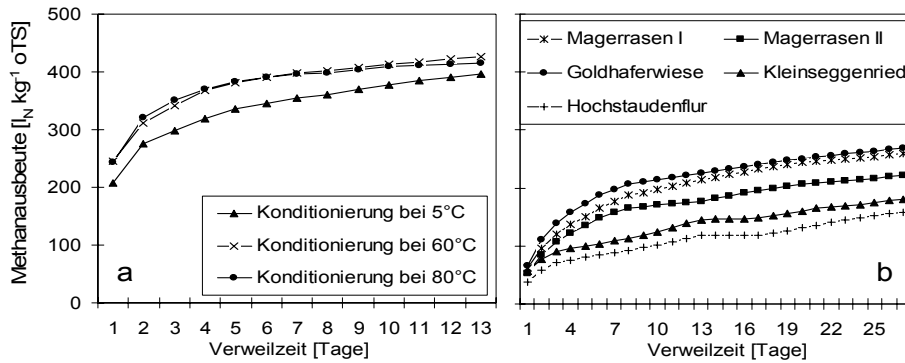


Abb. 1: Gärverläufe und Methanausbeuten der (a) Presssäfte bei unterschiedlicher Konditionierung (Mittelwerte) und (b) Ausgangsmaterialien (Ganzpflanzensilagen)

Die Gehalte der feuerungstechnisch problematischen Elemente waren im PK gegenüber dem AM um bis zu 80% (K, Cl) bzw. 60% (Mg) reduziert (Abb. 2). Eine Reduktion der emissionsrelevanten Elemente (S, N) fand nur geringfügig statt.

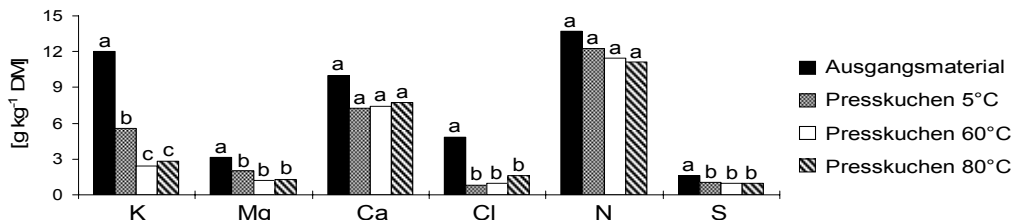


Abb. 2: Elementgehalte als Mittelwerte im Ausgangsmaterial und den Presskuchen bei unterschiedlicher Konditionierung

Im Vergleich mit dem AM zeigten sich in den PK leicht gesteigerte Heizwerte und eine signifikante Erhöhung der Ascheerweichungstemperatur (Abb.3), die mit bis zu 1250°C das Niveau von Weidenholz aus Kurzumtriebsplantagen erreichte (Hartmann, 2001). Insgesamt wiesen die bei 60 bzw. 80°C konditionierten PK die besten Brennstoffqualitäten auf.

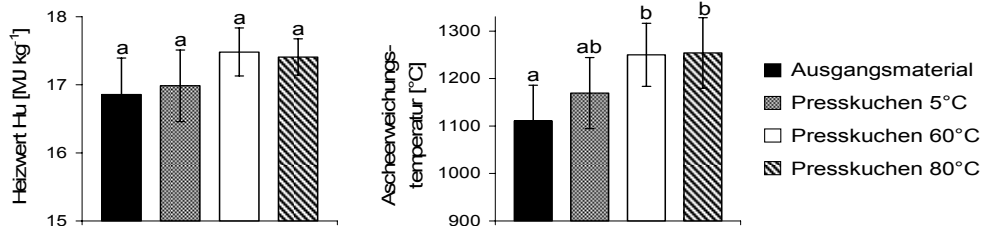


Abb. 3: Heizwert und Ascheerweichungstemperatur als Mittelwerte im Ausgangsmaterial und den Presskuchen bei unterschiedlicher Konditionierung

Literatur

Hartmann, H. (2001): Brennstoffzusammensetzung und -eigenschaften. In: Kaltschmitt M. and Hartmann H. (Hrsg.) Energie aus Biomasse: Grundlagen, Techniken und Verfahren, pp. 248-272. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.

Reulein, J.; K. Scheffer, R. Stülpnagel, L. Bühle, W. Zerr and M. Wachendorf (2007) Efficient utilization of biomass through mechanical dehydration of silages. In: Proceedings of the 15th European Biomass Conference & Exhibition, Berlin, Germany, 2007, pp. 1770-1774.

Schutzäcker – ein Konzept zur Erhaltung und Förderung der Diversität der Ackerwildkrautvegetation in Deutschland

T. van Elsen, S. Meyer*, C. Leuschner* & W. Güthler**

Einleitung

Das Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“ verfolgt das Ziel, ein nachhaltiges Schutzgebiets-Netzwerk zum Erhalt bedrohter Segetalarten in Deutschland zu errichten. Eine Zahl von mindestens 100 geeigneten Ackerstandorten soll für eine „dauerhafte Sicherung“ selten gewordener Ackerwildkräuter unter Schutz gestellt und ihre spezielle, auf den Erhalt und Förderung der entsprechenden Arten ausgerichtete Bewirtschaftung langfristig sichergestellt werden. Als „Schutzacker“ soll eine Fläche bezeichnet werden, deren aus botanischer Sicht herausragendes Arteninventar langfristig durch entsprechende vertragliche Vereinbarungen oder rechtliche Sicherheiten geschützt wird. Gleichwertig ist es, wenn sich eine Fläche im Eigentum von Naturschutzakteuren befindet. Eine dem Erhalt bedrohter Ackerwildkräuter förderliche Bewirtschaftung muss sichergestellt werden. Die Betreuung durch einen Ansprechpartner vor Ort (etwa Landschaftspflege- oder Naturschutzverband) soll gegeben sein.

Anlass ist das weitgehende Scheitern der bisherigen Bemühungen, die durch die historische Landbewirtschaftung in Deutschland heimisch gewordenen Ackerwildkraut-Gesellschaften wirkungsvoll vor weiterem Arten- und Populationsrückgang zu schützen. Nicht nur die Intensivierung des Ackerbaus, sondern auch die Nutzungsaufgabe und –umwandlung auf besonders artenreichen Grenzertragsstandorten stellen seit Jahrzehnten eine massive Bedrohung für Arten der Segetalflora dar; eine neue Gefährdung dieser Standorte ist der Anbau von Mais und Raps als Energiepflanzen sowie zukünftig durch den Klimawandel wahrscheinliche Intensivierung der Anbausysteme (z.B. Zweikultursysteme). „Ackerrandstreifen-programme“, die eine effektive Möglichkeit zum Schutz bedrohter Ackerwildkräuter darstellen, sind wegen veränderter Förderbedingungen und des hohen bürokratischen Aufwands in den meisten Bundesländern zum Erliegen gekommen. Zudem kommt es immer wieder zur Aufgabe der naturschutzfachlich orientierten Bewirtschaftung, wenn Eigentümer oder Pächter wechseln oder sich die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen ändern. Die notwendige Kontinuität des Segetalfloraschutzes wird dadurch gefährdet.

Material und Methoden

Mit dem Projekt „100 Äcker für die Vielfalt“ wird eine bundesweite Anstrengung unternommen, langfristig dem seit Jahrzehnten fortschreitenden Artenschwund der Ackerwildkräuter durch die Etablierung eines Netzes von Schutzflächen zu begegnen. In einer Machbarkeitsstudie wurden

- (1) besonders floristisch wertvolle Ackerstandorte identifiziert und aufgenommen,
- (2) eine Übersicht über noch vorhandene Feldfloraeservate in Deutschland erstellt,

Dr. Thomas van Elsen, Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL Deutschland e.V.), Nordbahnhofstraße 1a, 37213 Witzenhausen, Thomas.vanElsen@fibl.org; Dipl.-Ing. (FH)

* Stefan Meyer und Prof. Dr. Christoph Leuschner, Universität Göttingen, Albrecht-von-Haller-Institut für Pflanzenwissenschaften, Abteilung Ökologie und Ökosystemforschung, Untere Karspüle 2,37073 Göttingen, Stefan.Meyer@biologie.uni-goettingen.de;

**Wolfram Güthler, Deutscher Verband für Landschaftspflege e.V. (DVL), Feuchtwanger Straße 38, 91522 Ansbach, guethler@lpv.de

- (3) mit den Ministerien aller Flächen-Bundesländer Gespräche über Förderinstrumente und die Möglichkeiten der Implementierung des Schutzprogramms auf Länderebene geführt,
- (4) eine Analyse von etwa zehn alternativen Strategien der langfristigen Finanzierung des Schutzacker-Programms durchgeführt.

Ergebnisse und Diskussion

Die Ergebnisse der Evaluierung der derzeitigen Schutzbemühungen für die Segetalflora in Deutschland durch eine Erfassung mittels einer Fragebogenaktion wurden bereits vorgestellt (s. Meyer et al. 2008). Die Recherche geeigneter Flächen für ein Schutzgebiets-Netz ist durch vier Regionalkoordinatoren erfolgt. Zur Einschätzung der Wertigkeit der Flächen wurden Begehungen durchgeführt, um Arteninventar, Standortbedingungen und Wirtschaftsweise etc. zu erfassen. Derzeit liegen Informationen über mehr als 300 potenziell schutzwürdige Flächen vor und es bestehen Kontakte zu mehr als 50 Ansprechpartnern.

Im Rahmen der Gesprächstermine mit den Naturschutz- bzw. Agrarverwaltungen sämtlicher deutscher Flächenländer wurde untersucht, welche Möglichkeiten bestehen, um Schutzäcker zu finanzieren. Dabei werden folgende Aspekte betrachtet:

- Kosten für eine ackerwildkrautgerechte Bewirtschaftung der Flächen (z.B. Bestellung der Fläche ohne Einsatz von Pestiziden und verminderter Düngung),
- Kosten für die Errichtung der Ackerschutzgebiete (z.B. Beschilderung der Fläche, Ermittlung der Eigentümer, Abstimmung der Pflegemaßnahmen, Grunderwerb und langjährige Pacht),
- kontinuierliche Betreuung der Fläche und der Pflegemaßnahmen inkl. Monitoring und Öffentlichkeitsarbeit.

Die Auswertung untersucht dabei folgende Förderoptionen: Erste Säule der EU-Agrarpolitik, Agrarumweltprogramme, Ausgleichszulage für benachteiligte Gebiete, Maßnahmen zum Erhalt des ländlichen Erbes, Integrierte ländliche Entwicklung, Fördermöglichkeiten über die Europäischen Strukturfonds, über die naturschutzrechtliche Eingriffsregelung, über Stiftungen, über Lottomittel sowie über Spenden und Sponsoring.

Wesentliche Arbeitsschritte der kommenden Umsetzungsphase des Projektes sind die Erarbeitung von umsetzbaren Finanzierungskonzepten für die Ackerflächen im Dialog mit Landwirten, Politik und möglichen Geldgebern, Erstellung von geeigneten Bewirtschaftungskonzepten, Vorbereitung der dauerhaften Sicherung des Schutzstatus der Flächen, Dokumentation des floristischen Inventars und des Schutzerfolges und Präsentation des Vorhabens in einer breiten Öffentlichkeit.

Mit dem Projekt, das von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt (DBU) gefördert wird, besteht die realistische Chance, dem voranschreitenden Schwund der Ackerwildkräuter durch ein Netz von Schutzflächen langfristig zu begegnen. Die Schutzäcker sollen als mögliche Zentren für eine Wiederausbreitung der Arten fungieren.

Literatur

Meyer, S.; C. Leuschner, T. van Elsen (2008): Schutzäcker für die Segetalflora in Deutschland – Neue Impulse durch das Projekt „Biodiversität in der Agrarlandschaft“. – J. Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI: 361-366, Stuttgart.

Praktische Naturschutzmaßnahmen zur Förderung der Biodiversität im Ökologischen Landbau – Förderung standortgemäßer Segetalvegetation auf der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen

C. Hotze, T. van Elsen, M. Otto, T. Haase & J. Heß

Einleitung

Zur Förderung der Biodiversität werden verschiedene Maßnahmen in dem Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben „Die Integration von Naturschutzzielen in den Ökologischen Landbau am Beispiel der Hessischen Staatsdomäne Frankenhausen“ umgesetzt und untersucht. Die Ackerflächen der 1998 auf Ökologischen Landbau umgestellten Domäne sind durch früheren jahrzehntelangen Herbizideinsatz floristisch stark verarmt. Die Anlage von Blühstreifen in Herbstsaat mit regional gewonnenem und selbst vermehrtem Ackerwildkrautsaatgut erfüllen die aus botanischer Sicht begründete Forderung nach autochthonem Saatgut (vgl. van Elsen 1997). Untersucht wird die Durchsetzungsfähigkeit der Ackerwildkräuter gegen bodenbürtige „Un“kräuter, die soweit unterdrückt werden sollen, dass keine Probleme durch Folgeverunkrautung entstehen. Eine Reetablierung der selten gewordenen Ackerwildkräuter durch die Anlage der Ackerwildkraut-Blühstreifen ist das langfristige Ziel (van Elsen & Hotze 2008).

Material und Methoden

19 standorttypische Ackerwildkrautarten autochthoner Herkunft wurden in unterschiedlichen Mengenanteilen zur Vermehrung ausgesät. In den zwei Jahren erfolgreich vermehrt wurden die Arten: Rundblättriges Hasenohr (*Bupleurum rotundifolium*), Kornblume (*Centaurea cyanus*), Ackerröte (*Sherardia arvensis*), Acker-Rittersporn (*Consolida regalis*), Acker-Leimkraut (*Silene noctiflora*), Klatsch-Mohn (*Papaver rhoeas*), Acker-Krummhals (*Anchusa arvensis*), Breitblättrige Wolfsmilch (*Euphorbia platyphyllos*), Echter Frauenspiegel (*Legousia speculum-veneris*), Kleine Wolfsmilch (*Euphorbia exigua*), Acker-Hahnenfuß (*Ranunculus arvensis*), Sand-Mohn (*Papaver argemone*), Acker-Spergel (*Spergula arvensis*), Klaffmund (*Chaenorhinum minus*) und Acker-Steinsame (*Buglossoides arvensis*). Da anfangs kaum Ackerwildkraut-Saatgut zur Verfügung stand und erst vermehrt werden musste, wurden außerdem Kornrade-Blühstreifen (Aussaatstärke 4 kg/ha) mit einer geringen Menge an gemischtem Ackerwildkraut-Saatgut (Aussaatstärke ca. 1,8 kg/ha), das aus Ausputzgetreide von einem Nachbarbetrieb stammte, angelegt.

Parallel zur Wintergetreidesaat erfolgt die Aussaat des gewonnenen Ackerwildkrautsaatgutes als Blühstreifen in den Ackerflächen der Domäne. Die Blühstreifen befinden sich überwiegend direkt inmitten der Ackerschläge, selten an Ackerrändern. In 2006 wurden 21, für die Vegetationsperiode 2007 34 und für die Vegetationsperiode 2008 33 Blühstreifen angelegt, oder durch die Selbstaussaat aus dem Vorjahr erhalten. Die Blühstreifen-Vegetation wird durch pflanzensoziologische Aufnahmen erfasst. Alle Pflanzenarten und deren Deckungsgrade werden auf einer Flächengröße von 2 m x 50 m erfasst. Zusätzlich zu den Blühstreifen wird jeweils der angrenzende Acker im Randbereich und als Vergleichsfläche der Acker-Innenbereich aufgenommen.

Ergebnisse und Diskussion

In Abbildung 1 sind die mittleren Deckungsgrade (11 Aufnahmen) von den vier Aussaatarten Kornrade (*Agrostemma githago*), Kornblume (*Centaurea cyanus*), Klatsch-Mohn (*Papaver rhoeas*), Acker-Rittersporn (*Consolida regalis*) und sechs bodenbürtigen „Un“kräutern in Blühstreifen und Acker-Innenflächen dargestellt. Die Kornrade erreicht aufgrund der wesentlich höheren Aussaatstärke im Vergleich zu den anderen Aussaatarten in den Blühstreifen hohe Deckungsgrade. Die Kamillearten *Tripleurospermum maritimum* und *Matricaria chamomilla* können sich als bodenbürtige „Un“kräuter gut durchsetzen und werden ebenso wie die Acker-Kratzdistel (*Cirsium arvense*) und der Weiße Gänsefuß (*Chenopodium album*) nur wenig von den Ansaatarten unterdrückt. Das Kletten-Labkraut (*Galium aparine*) und die Vogelmiere (*Stellaria media*) sind jedoch im Gegensatz zu den vorherigen Arten in den Acker-Innenflächen mit höheren Deckungsgraden vertreten.

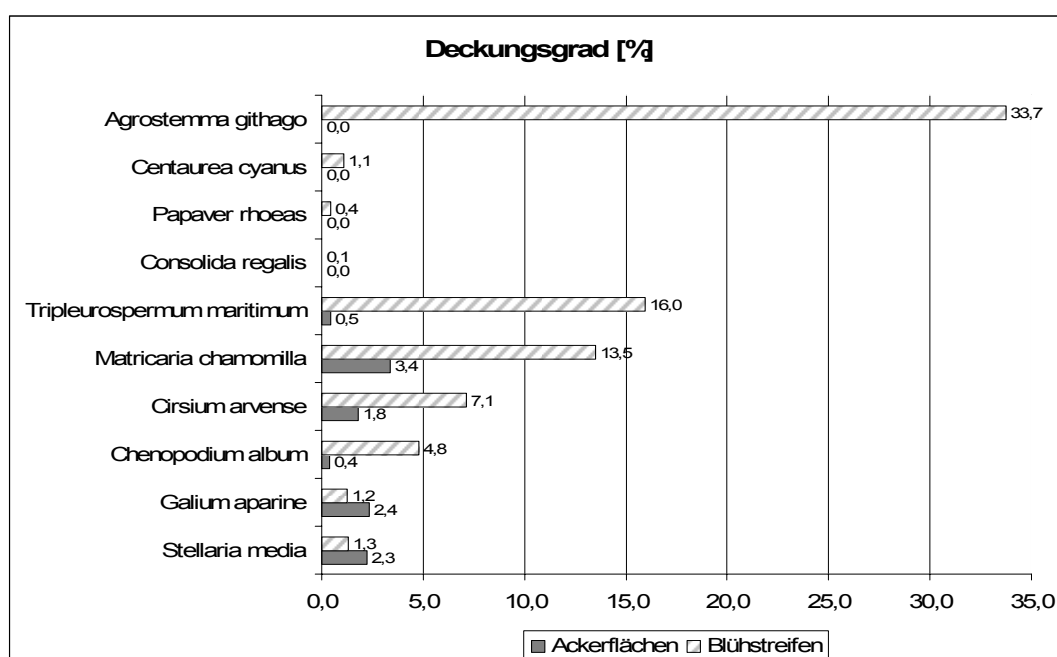


Abb. 1: Deckungsgrade von ausgewählten Arten in Acker-Innenflächen und Blühstreifen im Jahr 2007

Die Ergebnisse zeigen artspezifische Unterschiede in der Durchsetzungskraft der Wildkräuter in den Blühstreifen und den benachbarten Getreideflächen. Eine Erhöhung der Aussaatstärke der Ackerwildkräuter scheint zur Unterdrückung bodenbürtiger „Un“kräuter notwendig.

Literatur

- van Elsen, T. (1997): Ackerwildkrautansaat zwischen Ablehnung und Befürwortung. – Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt, Sonderheft 3 (6. Tagung des Arbeitskreises der Landesämter und -anstalten „Naturschutz in der Agrarlandschaft“ vom 20 bis 22.6.1996 in Halle/Saale): 10-20, Halle.
- van Elsen, T. Hotze, C. (2008): Die Integration autochthoner Ackerwildkräuter und der Kornrade in Blühstreifenmischungen für den Ökologischen Landbau – Journal of Plant Diseases and Protection, Special Issue XXI: 373-378, ISSN 1861-4051, Stuttgart.

Unkrautvegetation in Winterweizen unter dem Einfluss von Kulturartendiversität und Bewirtschaftungspraxis

L. Ulber*, H.-H. Steinmann & J. Isselstein*

Einleitung

Fruchtfolgegestaltung spielt eine entscheidende Rolle bei der Regulierung von Ackerunkrautpopulationen (BÀRBERI & LO CASCIO, 2001). Eine erhöhte Anzahl an Kulturarten in der Fruchtfolge kann das Auftreten von Problemunkräutern vermindern sowie die Gesamtartenzahl der Unkräuter erhöhen (HILTBRUNNER, 2008). Vor dem Hintergrund des Diversitätsverlustes bei Unkräutern und der Simplifizierung von Fruchtfolgen soll überprüft werden, welche Effekte eine erhöhte Kulturartendiversität innerhalb der Fruchtfolge auf Unkrautartenzahl, Abundanz und Ertrag von Winterweizen ausübt. Zudem soll untersucht werden, welche Unterschiede in der Artenzusammensetzung von Unkrautpopulationen unter dem Einfluss unterschiedlicher Kulturartendiversität bestehen.

Material und Methoden

Die 24 im Jahr 2007 untersuchten Felder wurden anhand ihrer Kulturartendiversität ausgewählt, wobei einerseits zwischen einer ökologisch bewirtschafteten und andererseits zwischen zwei unterschiedlichen konventionellen Fruchtfolgen mit enger (≤ 3 verschiedene Kulturarten, nur Winterungen) bzw. weiterer Fruchtfolge (3 - 5 Kulturarten, Winterungen und Sommerungen) unterschieden wurde. Zwischen den beiden konventionellen Fruchtfolgen bestanden keine signifikanten Unterschiede in Höhe der Stickstoffdüngung und Intensität des Herbizideinsatzes. Um Unterschiede in abiotischen Standortbedingungen auszugleichen wurden drei Felder (jeweils ein Feld aus jeder Fruchtfolgeklasse) zu einem Tripletts gruppiert. Felder innerhalb dieser Tripletts ($n = 8$) wiesen vergleichbare Standortbedingungen sowie eine geringe räumliche Distanz zueinander auf. Auf den Flächen wurden jeweils zwei Untersuchungspartellen (10 x 10 m) in der Mitte des Schlages eingerichtet. Während in einer dieser Partellen keine Unkrautbekämpfung durchgeführt wurde, wurden in der anderen Partelle betriebsspezifische Unkrautbekämpfungsmaßnahmen angewendet. In konventionellen Fruchtfolgen erfolgte die Unkrautbekämpfung über Herbizidmaßnahmen, während in der ökologischen Fruchtfolge mechanische Bekämpfung eingesetzt wurde.

Zur Auswertung des als split-plot design angelegten Versuches wurden neben linearen gemischten Modellen wurden multivariate Verfahren (Canonical discriminant analysis) zur Analyse der Zusammensetzung der Unkrautpopulationen genutzt.

Ergebnisse und Diskussion

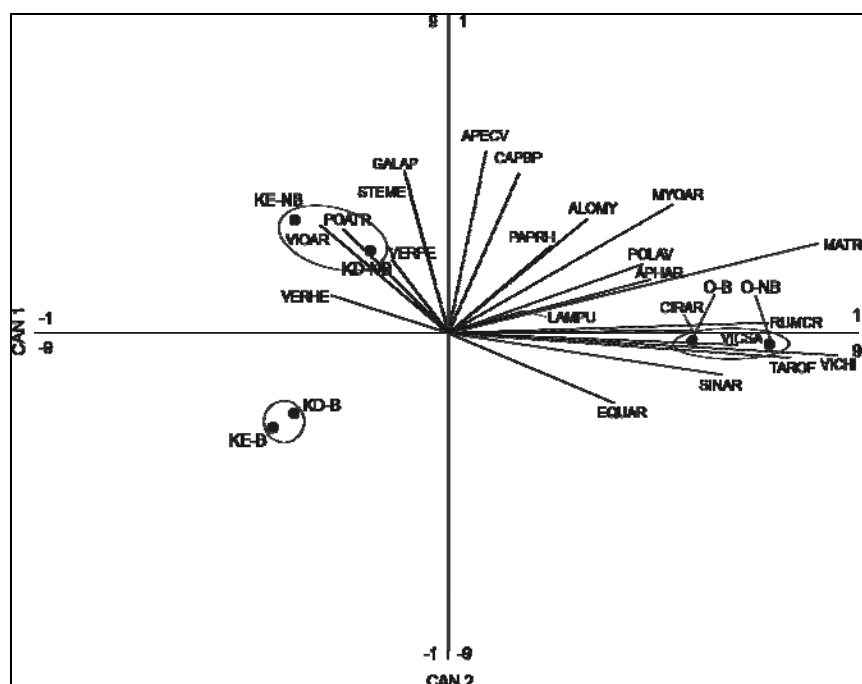
Es konnten signifikante Einflüsse ($p < 0.01$) der Kulturartendiversität auf die Artenzahl der Unkräuter und die Biomasse von Winterweizen, nicht aber auf Deckungsgrad (%) und Biomasse der Unkräuter (g/m^2) festgestellt werden. Während ökologisch bewirtschaftete Flächen die höchste Unkraut-Artenzahl aufwiesen, konnten keine signifikanten Unterschiede zwischen weiter und enger konventioneller Fruchtfolge festgestellt werden. Der Einfluss einer höheren Kulturartendiversität und des Anbaus von Sommerungen wurde vermutlich durch vergleichbare Intensitäten des

Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Forschungs- und Studienzentrum Landwirtschaft und Umwelt

* Georg-August-Universität Göttingen, Fakultät für Agrarwissenschaften, Department für Nutzpflanzenwissenschaften, Abteilung Grasslandwissenschaften

langjährigen Pflanzenschutzmittel- und Düngereinsatz überlagert. Der Herbizideinsatz in beiden konventionellen Fruchtfolgen führte zu einer signifikanten Reduktion der Unkraut-Artenanzahl und Deckungsgrade ($p < 0.001$). Die Unkrautdeckungsgrade in unbehandelten Parzellen der konventionellen Fruchtfolge waren hoch und reduzierten die Kornbiomasse des Winterweizens (g/m^2) signifikant ($p < 0.001$). In der ökologischen Fruchtfolge zeigte die mechanische Unkrautbekämpfung nur eine geringe Effizienz und wies keinen signifikanten Einfluss auf die untersuchten Parameter auf.

Analysen der Artenzusammensetzung anhand von multivariaten Analysen ergaben, dass sich die Unkrautvegetationen vor allem zwischen ökologischer und konventioneller Bewirtschaftung unterschieden und in Abb. 1 entlang der ersten canonischen Achse (CA 1) getrennt wurden.



Die zweite Achse trennte zwischen mit Herbizid bzw. unbehandelten konventionellen Schlägen. Es lässt sich daher ableiten, dass der Faktor Herbizidbehandlung einen höheren Einfluss auf die Unkrautzusammensetzung in konventionellen Fruchtfolgen zeigte als der Faktor Kulturartendiversität.

Abb 1: Canonical discriminant analysis (CDA). Ordinationsdiagramm für Behandlungsvarianten (Kulturartendiversität: O, ökologische Fruchtfolge; KD, konventionelle diverse Fruchtfolge; KE, konventionelle enge Fruchtfolge und Unkrautbekämpfung; B, behandelt; NB, nicht behandelt).

Literatur

Bärberi, P. & B.L. Lo Cascio 2001: Long-term tillage and crop rotation effects on weed seedbank size and composition. *Weed Research* 41: 325-340.

Hiltbrunner, J., C. Scherrer, B. Streit, P. Jeanneret, U. Zihlmann, R. Tschachtli 2008: Long-term weed community dynamics in Swiss organic and integrated farming systems. *Weed Research* 48: 360-369.

Beeinflusst die Inokulierung mit Mykorrhiza die Biomassebildung von Kichererbse und Gerste?

M. Farzaneh, S. Wichmann, D. M. Gimplinger & H.-P. Kaul

Einleitung

Die positive Wirkung von arbuskulärer Mykorrhiza auf das Pflanzenwachstum wird durch eine verstärkte Aufnahme von immobilen Nährstoffen, vor allem Phosphor, erklärt. Bei Leguminosen wurde aber auch beobachtet, dass die Inokulierung mit Mykorrhiza zu verbesserter N-Aufnahme führt (Bíro et al., 2000). Unklar ist, ob dieses Phänomen auf verstärkte Stickstofffixierung durch Rhizobien oder auf eine verstärkte N-Aufnahme durch die Pilzhyphen zurückzuführen ist (Subba Rao et al., 1986). In einem Gefäßversuch sollte daher geklärt werden, ob eine gezielte Inokulation mit Mykorrhiza in Abhängigkeit von vorhandenen Rhizobien bzw. von mineralischer N-Düngung die Trockenmassebildung verbessert.

Material und Methoden

Im Jahr 2007 wurde ein Gefäßversuch mit Kichererbse (*Cicer arietinum*) und Gerste (*Hordeum vulgare*) in einem Gitterhaus durchgeführt. Der Versuch in fünffacher Wiederholung umfasste die Faktoren Inokulierung mit Mykorrhiza (mit und ohne Anwendung des Produktes "Symbivit®"), N-Versorgung (Kontrolle, Inokulierung von Rhizobien mit "Radicin®", 100 kg N ha⁻¹ als Kalziumammoniumnitrat) und natürliche Bodenflora und -fauna (mit und ohne Sterilisation). An zwei Terminen (zum Zeitpunkt der Blüte und der physiologischen Reife) wurden der Kolonisierungsgrad mit Mykorrhiza, die Anzahl der gebildeten Knöllchen bei Kichererbse sowie die Trockenmassen der Pflanzen und ihre Verteilung auf die einzelnen Organe bestimmt.

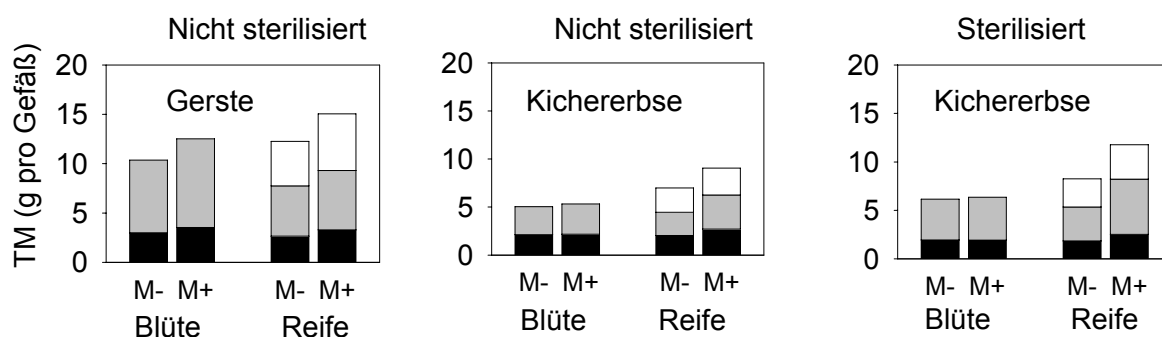
Ergebnisse und Diskussion

Die Inokulierung der Pflanzen mit Mykorrhiza war erfolgreich, das Ausmaß der kolonisierten Wurzeln variierte aber in Abhängigkeit von Pflanzenart und Bodenvorbehandlung (Tabelle 1). Der Anteil an kolonisierten Wurzeln war bei Kichererbse deutlich höher als bei Gerste, und auf nicht sterilisiertem Substrat höher als auf sterilisiertem Substrat. Auch auf dem nicht sterilisierten Boden ohne Inokulation wurde Mykorrhiza in den Pflanzenwurzeln festgestellt. Diese Ergebnisse lassen darauf schließen, dass die im Boden natürlich vorkommenden Mykorrhizapilze ebenfalls zur Kolonisation beitragen. Wie erwartet, konnte die Kichererbse nur in den mit Rhizobien inokulierten Töpfen Wurzelknöllchen bilden (Daten nicht gezeigt). Die Inokulierung mit Mykorrhiza führte bei beiden Kulturarten zu einer höheren Gesamttrockenmasse bzw. zu höherer Trockenmasse der einzelnen Pflanzenorgane (Abbildung 1). Bei Gerste war dieser Effekt bei allen Pflanzenorganen signifikant und führte auch zu einem höheren Ährengewicht. Bei Kichererbse auf nicht sterilisiertem Substrat konnte der positive Effekt von Mykorrhiza erst zum Zeitpunkt der physiologischen Reife statistisch nachgewiesen werden: Es wurde ein höheres Wurzel- und Strohgewicht, aber kein höheres Hülsengewicht festgestellt. Bei Kichererbse auf sterilisiertem Substrat erhöhte die Inokulierung mit Mykorrhiza die Gesamttrockenmasse zum Zeitpunkt der physiologischen Reife noch deutlicher, obwohl die Kolonisierungsrate bei dieser Behandlung aufgrund der fehlenden natürlich vor-

kommenden Mykorrhiza geringer war. Dieser Effekt ist auf die positive Wirkung des Produktes „Symbivit“ zurückzuführen. Das Hülsengewicht wurde aber nicht signifikant beeinflusst.

Tabelle 1: Kolonisierungsgrad der Wurzeln mit Mykorrhiza (Mittel über Erntetermine und N-Stufen) in Abhängigkeit von der Pflanzenart, Bodensterilisation und der Inokulierung mit Mykorrhiza

Art	Bodensterilisation	Kolonisierungsgrad mit arbuskulärer Mykorrhiza (%)	
		Mit Inokulierung	Ohne Inokulierung
Gerste	nicht sterilisiert	17,6	6,6
Kichererbse	nicht sterilisiert	43,5	19,7
	sterilisiert	24,9	0,0



Legende: M-: keine Inokulierung mit Mykorrhiza M+ : Inokulierung mit Mykorrhiza

Abbildung 1: Trockenmasse pro Gefäß in Abhängigkeit von Pflanzenart, Bodensterilisation, Erntetermin und Inokulierung mit Mykorrhiza (statistische Angaben im Text)

Durch mineralische Stickstoffdüngung wurde die Trockenmasse bei Gerste deutlich erhöht, nicht aber bei Kichererbse (Daten nicht gezeigt). Die Wurzelmasse der Kichererbse war nach Inokulierung mit Rhizobien (auf sterilisiertem Substrat) am höchsten, durch mineralische N-Düngung wurde sie nachweisbar reduziert. Von besonderem Interesse waren mögliche Wechselwirkungen zwischen Stickstoffversorgung und Mykorrhiza. Zweijährige Ergebnisse (Daten nicht gezeigt) auf sterilisiertem Substrat zeigten, dass mineralische N-Düngung bei mit Mykorrhiza inokulierten Pflanzen zum höchsten Hülsenertrag führte, während bei nicht mit Mykorrhiza behandelten Pflanzen die mit Rhizobien behandelte Variante zum höchsten Hülsenertrag führte.

Literatur

- Biró, B.; K. Köves-Péchy, I. Vörös, T. Takács, P. Eggenberger und R. J. Strasser 2000: Interrelations between *Azospirillum* and *Rhizobium* nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa in sterile, AMF-free or normal soil conditions. *Applied Soil Ecology* 15: 159-168.
- Subba Rao, N. S.; K. V. B. R. Tilak und C. S. Singh 1986: Dual inoculation with *Rhizobium* sp. and *Glomus fasciculatum* enhances nodulation, yield and nitrogen fixation in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Plant Soil* 95: 351-359.

Auswirkungen des Befalls mit *Rhizoctonia solani* auf Zuckerrüben und Mais sowie Möglichkeiten der integrierten Kontrolle

C. Buhre, C. Kluth & M. Varrelmann

Einleitung

Die Späte Rübenfäule an Zuckerrüben, ausgelöst durch den bodenbürtigen Pilz *Rhizoctonia solani* Anastomosegruppe 2-2 IIIB, ist in den vergangenen Jahren zu einem zunehmenden Problem in einigen Regionen Deutschlands aber auch weltweit geworden. In Europa sind nach aktuellen Schätzungen rund 36.000 ha von der Krankheit betroffen. In den USA gehen Schätzungen von einem wirtschaftlichen Verlust von rund 2 % aus. Sehr charakteristisch ist dabei das Auftreten in Befallsnestern in Zuckerrübenbeständen. Dabei werden Ertragsausfälle von bis zu 60 % beobachtet. Neben dem reinen Ertragsrückgang kommt es zu einer deutlichen Verschlechterung der technischen Qualität, was Probleme bei der Zuckergewinnung verursacht (Büttner et al., 2002).

Da Mais als eine weitere Wirtspflanze für den Erreger nachgewiesen werden konnte (Führer Ithurrart et al., 2004), ist mit der Ausweitung des Maisanbaus zur Energiepflanzenproduktion auch mit einer Zunahme der Problematik durch *Rhizoctonia solani* zu rechnen. Im Gegensatz zu den USA ist eine chemische Bekämpfung in Europa nicht möglich, da keine Präparate zugelassen sind. Aus diesem Grund müssen hier weitere Aspekte für eine integrierte Kontrolle herangezogen werden. Als Möglichkeiten kommen die Gestaltung der Fruchtfolge, die Wahl resistenter Zuckerrübensorten und die Bodenbearbeitung in Betracht (Buhre et al., 2007). Diese Faktoren wurden in einem langjährigen Feldversuch auf ihre Wirkung auf den Befall mit *Rhizoctonia solani* untersucht und die Ergebnisse sollen nun im Folgenden im Detail präsentiert werden.

Material und Methoden

Der Feldversuch wurde an vier verschiedenen Standorten in Niederbayern mit jeweils zwei Wiederholungen angelegt. An den Standorten Haardorf und Niedermünchsdorf wurde der Versuch im Jahr 2001 begonnen, auf den beiden anderen Standorten Ottmaring und Ramsdorf im Jahr 2002. Bei allen Versuchsfeldern handelte es sich um natürlich befallene Standorte, auf denen in den vorherigen Jahren Zuckerrüben einen deutlichen Befall mit *R. solani* aufwiesen. Um einen homogenen Befall zu erreichen, wurden zu Beginn des Versuchs Zuckerrüben mit starken Befallssymptomen von den jeweiligen Standorten zerkleinert, mit Hilfe eines Kalkstreuers ganzflächig auf den Flächen verteilt (1,5 kg/ha) und untergepflügt. An jedem der Standorte wurden die Faktoren Fruchtfolge, Bodenbearbeitung, Zuckerrüben- und Maissorte (jeweils resistent und anfällig) variiert. In den ersten beiden Versuchsjahren wurden drei verschiedene Fruchtfolgen mit vier unterschiedlichen Bodenbearbeitungssystemen kombiniert. Die Fruchtfolgen unterschieden sich hinsichtlich ihres Anteils an Wirtspflanzen für *R. solani*. In der ersten Fruchtfolge wurde vor Zuckerrübe zweimalig Körnermais angebaut. In der zweiten Fruchtfolge wurde im ersten Jahr ebenfalls Körnermais angebaut, auf welchen dann der Anbau von Winterweizen folgte. Die dritte Fruchtfolge bestand aus den Vorfrüchten Winterweizen und Sommerhafer zu Zuckerrübe. Die Bodenbearbeitung wurde an die Praxis angepasst in jeder der Fruchtfolgen variiert. Im dritten Versuchsjahr erfolgte der Anbau von Zuckerrüben mit einer gegenüber *R. solani* anfälligen

und einer resistenten Sorte. Die Rüben wurden nach der Ernte anhand des Ausmaßes von Befallssymptomen an der Rübenkörperoberfläche auf ihren Befall hin bonitiert sowie der Ertrag und die Qualität der Rüben bestimmt. Im vierten Versuchsjahr erfolgte nach dem Anbau der Zuckerrüben ein erneuter Anbau von Körnermais. Es wurde eine tolerante und eine anfällige Maissorte eingesetzt, deren Resistenzeigenschaften gegenüber *R. solani* zuvor ermittelt worden waren.

Die Bewirtschaftung der Flächen erfolgte nach guter landwirtschaftlicher Praxis durch die jeweiligen Landwirte mit üblichen Aufwandmengen an Dünge- und Pflanzenschutzmitteln, um den Bestand frei von Unkraut, Krankheiten und Schädlingen zu halten.

Die Daten wurden varianzanalytisch mittels eines gemischten Modells ausgewertet (SAS Institute, proc mixed), das die Fehlerterme für die Behandlungseffekte berücksichtigt. Die Standorte wurden dabei als vier Teilversuche einer Serie betrachtet, unabhängig davon, in welchem Jahr die Versuche innerhalb der Versuchsserie angelegt wurden. In Abhängigkeit von den Ergebnissen des Globaltests wurden anschließend multiple Mittelwertvergleiche nach Tukey und Kramer angeschlossen. Bei signifikanten Interaktionen wurden die Effekte zusätzlich unter konstanten Bedingungen eines Interaktionspartners oder einer konstanten Kombination mehrerer Interaktionspartner getrennt betrachtet (SAS Institute, proc mixed, lsmeans, slice).

Ergebnisse und Diskussion

Den größten Einfluss auf die Ausprägung der Späten Rübenfäule an Zuckerrüben hatte die Wahl der Zuckerrübensorte. Durch den Anbau einer resistenten Sorte im Gegensatz zu einer anfälligen Sorte ließ sich die Befallsintensität an den Zuckerrüben von 3,48 auf 2,02 senken, wodurch der bereinigte Zuckerertrag von 11,86 auf 13,46 t/ha anstieg (Tab. 1). Neben diesem Faktor hatte die Ausgestaltung der Fruchtfolge ebenfalls einen großen Einfluss. Während in der Fruchtfolge Mais/Mais/Zuckerrübe ein Befall mit *Rhizoctonia solani* von 3,03 und ein Zuckerertrag von 11,94 t/ha ermittelt werden konnte, lag die Befallsintensität im Gegensatz dazu in der Weizen/Hafer/Zuckerrüben Fruchtfolge nur bei 2,54 wobei ein Zuckerertrag von 13,31 t/ha erreicht werden konnte. Die Fruchtfolge Mais/Weizen/Zuckerrübe lag jeweils zwischen diesen beiden Werten.

Tab. 1: Einfluss von Zuckerrübensorte und Fruchtfolge auf die Befallsintensität und den Bereinigten Zuckerertrag (BZE) im Zuckerrübenanbau (Befallsintensität: 1 = gesund bis 9 = abgestorben. M/M: Mais/Mais, M/W: Mais/Weizen, W/H: Weizen/Hafer. BZE (%): 100 = günstigste Variante. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede der jeweiligen Mittelwertvergleiche.

	Befallsintensität (1-9)	BZE (t/ha)	BZE (%)
Anf. Sorte	3,48 ^A	11,86 ^A	88
Res. Sorte	2,02 ^B	13,46 ^B	100
M/M	3,03 ^A	11,94 ^A	90
M/W	2,69 ^{AB}	12,73 ^{AB}	96
W/H	2,54 ^B	13,31 ^B	100

Zwischen diesen beiden Faktoren konnte zudem eine signifikante Wechselwirkung festgestellt werden. Bei nach Sorten getrennter Betrachtung der Fruchtfolgeeffekte reagierte nur die anfällige Sorte signifikant auf die differenzierten Vorfrüchte. Für die resistente Sorte ergaben sich ähnliche Tendenzen, die jedoch bei der Einzelbetrachtung nicht signifikant waren. In der ungünstigen Fruchtfolge Mais/Mais ergaben sich Ertragsunterschiede zwischen anfälliger und resistenter Sorte von 16,5 %, während dies in der Fruchtfolge Weizen/Hafer nur 8,5 % waren (Abb. 1).

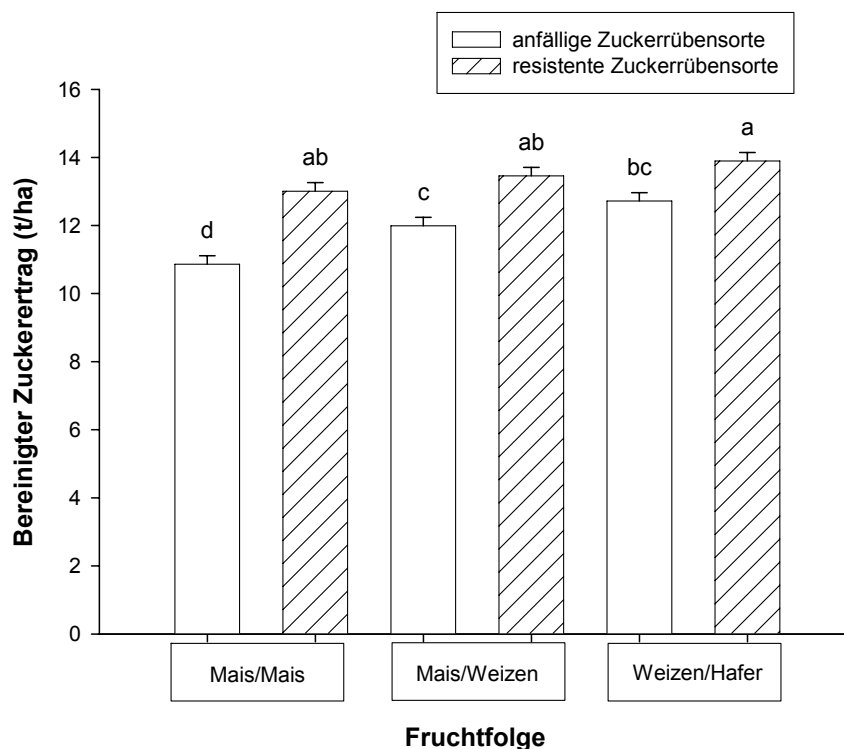


Abb. 1: Einfluss von Fruchtfolge und Sortenwahl auf den Bereinigten Zuckerertrag von Zuckerrüben. Unterschiedliche Buchstaben kennzeichnen signifikante Unterschiede ($\alpha < 0,05$).

Durch die Bodenbearbeitung ließ sich nur für einzelne Fruchtfolgen ein Einfluss auf das Auftreten der Späten Rübefäule in Zuckerrüben feststellen. In der Fruchtfolge Mais/Mais/Zuckerrübe erwies sich das Pflügen vor dem Anbau der Zuckerrüben als günstiger. Grundsätzlich überlebt *R. solani* in tieferen Bodenschichten schlechter, so dass dieser Effekt darüber erklärt werden kann. In der Fruchtfolge Mais/Weizen/Zuckerrübe konnte hingegen kein Einfluss der Bodenbearbeitung festgestellt werden. Wiederum in der Fruchtfolge Weizen/Hafer/Zuckerrübe war ein signifikanter Einfluss zu finden, der sich möglicherweise auf den Anbau einer Zwischenfrucht in dieser Fruchtfolge zurückführen lässt. Dies muss allerdings in weiteren Experimenten noch genauer überprüft werden.

In dem im Anschluss nach Zuckerrüben angebauten Mais ließen sich deutlich geringere Effekte nachweisen als in den Zuckerrüben. Hier waren signifikante Einflüsse der Zuckerrüben- und Maissorte sowie der vorherigen Fruchtfolge zu finden. Wurde vor dem Mais eine resistente Zuckerrübe angebaut, so wurde auch der nachfolgende Mais geringer befallen. Die Befallsintensität ging gegenüber dem Anbau einer anfälligen Zuckerrübensorte von 4,16 auf 3,96 zurück. Damit einher ging ein Ertragsanstieg im Kornertrag von 10,05 auf 10,26 t/ha. Auch die vorherige

Fruchtfolge übte einen Einfluss auf den Befall und den Ertrag im Mais aus. Der Befall lag in der Fruchtfolge Mais/Mais/Zuckerrübe bei 4,49, während er in der Fruchtfolge Weizen/Hafer/Zuckerrübe nur 3,59 betrug. Mit diesem Unterschied im Befall war ebenfalls ein Ertragsunterschied von 9,99 t/ha in der Mais/Mais/Zuckerrüben Fruchtfolge im Gegensatz zur Weizen/Hafer/Zuckerrüben Fruchtfolge mit 10,35 t/ha verbunden. Die Fruchtfolge Mais/Weizen/Zuckerrübe erreichte jeweils wieder Werte zwischen diesen beiden Extremen.

Die Experimente verdeutlichen in hohem Maße die besondere Bedeutung, welche die Wahl der Zuckerrübensorte auf das Auftreten der Späten Rübenfäule hat. Durch die Wahl einer resistenten Sorte ließ sich unter natürlichen Befallsbedingungen auch ein sicherer Zuckerertrag erreichen (Buhre et al., 2007). Neben diesem Faktor spielte aber auch die Gestaltung der Fruchtfolge eine besondere Rolle. Durch die Reduktion des Maisanteils in einer Zuckerrübenfruchtfolge geht der Befall mit *Rhizoctonia solani* deutlich zurück. Dies zeigt sich auch darin, dass in der günstigen Fruchtfolge Weizen/Hafer mit der anfälligen Zuckerrübensorte ähnliche Erträge erreicht werden konnten, wie mit der resistenten Sorte in der ungünstigen Fruchtfolge Mais/Mais (Abb. 1). Die Ergebnisse aus dem nach Zuckerrüben folgendem Mais zeigen darüber hinaus sehr deutlich, dass der Anbau von Mais nicht nur einen Einfluss auf das Befallsgeschehen in Zuckerrüben hat, sondern dass der Mais selber auch vom Pathogen befallen wird und mit Mindererträgen reagiert. Dies ist ein Punkt, der auch unter wirtschaftlicher Betrachtung noch genauer untersucht werden muss. Die im Experiment beobachteten Effekte von Bodenbearbeitung und Zwischenfruchtanbau müssen in weiteren Versuchen weiter untersucht werden. In anderen Experimenten konnte inzwischen nachgewiesen werden, dass verschiedene Zwischenfrüchte eine unterschiedliche Anfälligkeit gegenüber *R. solani* besitzen, was hier als mögliche Erklärung heran gezogen werden kann. Insgesamt bleibt damit festzuhalten, dass Landwirten in Befallsgebieten mit *R. solani* neben der Wahl einer resistenten Zuckerrübensorte auch weitere pflanzenbauliche Möglichkeiten zur Reduktion des Befalls zur Verfügung stehen. Dabei sollte zukünftig sicherlich auch der Resistenz der Maissorten gegenüber dem Erreger eine größere Bedeutung zukommen, so dass auch dieser Aspekt in der integrierten Bekämpfung besser genutzt werden kann.

Literatur

- Buhre, C., Kluth, C. und Varrelmann, M. (2007): Resistenz von Zuckerrübensorten als Grundlage einer integrierten Kontrolle der Späten Rübenfäule (*Rhizoctonia solani*). Zuckerindustrie, 132, 50-55.
- Büttner, G., Führer Ithurrart M.E. und Buddemeyer, J. (2002): Späte Rübenfäule *Rhizoctonia solani* – Verbreitung, wirtschaftliche Bedeutung und integrierte Bekämpfungskonzepte. Zuckerindustrie, 127, 856-866.
- Führer Ithurrart, M.E., Büttner, G. und Petersen, J. (2004): *Rhizoctonia* root rot in sugar beet (*Beta vulgaris* ssp. *altissima*) – Epidemiological aspects in relation to maize (*Zea mays*) as a host plant. Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz, 111, 302-312.

Variierende Polyphenoloxidase-Aktivität in Rotklee als potentieller Faktor für eine gesteigerte Proteinverwertung beim Wiederkäuer

B. Eickler

Einleitung

Futterleguminosen können durch ihre Fähigkeit zur Stickstoff-Fixierung und ihre hohen Proteingehalte maßgeblich zur Deckung des N-Bedarfs in Milchvieh-/ Futterbaubetrieben beitragen. Allerdings ist hinsichtlich der N-Effizienz die unzureichende Ausnutzung des Futterproteins durch Wiederkäuer limitierend. In bestimmten Leguminosenarten enthaltene sekundäre Pflanzeninhaltsstoffe bieten ein Potential für die Erhöhung der Leistungsfähigkeit und damit zur Optimierung der N-Verwertungseffizienz. Gehalte an kondensierten Tanninen (CT) z. B. in Hornklee oder die Polyphenoloxidase (PPO)-Aktivität in Rotklee können unter geeigneten Bedingungen sowohl Proteine komplexieren als auch auf pflanzeigene Enzyme und Pansenmikroorganismen hemmend wirken. Somit kann der rasche Proteinabbau bei der Futterkonservierung und im Pansen verringert und potentiell der UDP-Anteil erhöht werden. Während hinsichtlich der CT bereits Grenzwerte für eine positive Wirkung in der Tierernährung ermittelt wurden, sind die Effekte der PPO-Aktivität noch weitgehend unbekannt und nicht quantifiziert.

Das zentrale Ziel der Arbeit war es, die PPO-Aktivität in Rotklee unter Berücksichtigung möglicher Einflussfaktoren wie Genotyp, Umwelt, Vegetationsverlauf und Nutzungsintensität zu charakterisieren. Weiterhin wurde überprüft, ob die PPO-Aktivität als beeinflussender Parameter auf die Proteinqualität von Rotklee herangezogen werden kann. Als Arbeitshypothesen galten, dass (i) eine genetische Variabilität der PPO-Aktivität von Rotklee existiert, (ii) Bewirtschaftungsvarianten (Stress) die PPO-Aktivität beeinflussen und (iii) eine variierende PPO-Aktivität eine Veränderung des Verhältnisses der Proteinfractionen bewirkt. Dies würde in Konsequenz auf eine Messgröße für den Einfluss auf die Proteinverwertung beim Wiederkäuer hindeuten und zukünftige Möglichkeiten zur Entwicklung von entsprechend angepassten Bewirtschaftungssystemen zur praktischen Nutzung des PPO-Effekts aufzeigen.

Material und Methoden

Als Datengrundlage dienten Ergebnisse aus einem Sortenversuch, der 2006 an zwei Standorten in Norddeutschland mit sechs bzw. neun Genotypen in Reinsaat als 3 Schnitssystem etabliert wurde, sowie aus einem vergleichenden Versuch unterschiedlicher Nutzungsintensitäten von Rotklee-Gras-Parzellen, welche 2005 und 2006 als 3-Schnitt- (Silo) bzw. 5-Schnitssystem (SBW) und 2005 unter Umtriebsweide (BEW) beprobt wurden. 2006 wurde zusätzlich in beiden Schnitssystemen die Applikation von mechanischem Stress (+MS) als Behandlung integriert, indem die Parzellen nach dem Schnitt mittels Cambridge-Walze gewalzt wurden, bis eine moderate Schädigung der Pflanzen sichtbar war. Unmittelbar vor dem jeweiligen Schnitttermin bzw. Auftrieb der Tiere wurden auf den entsprechenden Parzellen Rotkleepflanzen in einer Schnitthöhe von 5 cm beprobt, in Blatt und Stängel getrennt und sofort eingefroren, um den aktuellen biochemischen Status zu konservieren. Die Extraktion der PPO erfolgte in Anlehnung an Escribano et al. (1997) aus gefrorenem Blattmaterial. Die Aktivität wurde photometrisch gemessen und rechnerisch auf den

Blattproteingehalt in der Trockensubstanz bezogen (IU je Protein (mg/g TS)). Weitere Rotkleepflanzen wurden bei 58°C getrocknet und auf 1 mm vermahlen und standen so für die Proteinfraktionierung nach Licitra et al. (1996) zur Verfügung. Die Datenerhebung beinhaltete ebenfalls die Bonitur des phänologischen Entwicklungsstadiums nach Fagerberg (1988) als mean stage by count (MSC) sowie die Bestimmung des Blatt-Gewichts-Verhältnisses (BGV).

In der statistischen Auswertung wurden einzelne Beobachtungen der jeweiligen Systeme einer Varianzanalyse unterzogen. Schnitttermine wurden als wiederholte Messung betrachtet. Unterschiede zwischen Systemen innerhalb eines Schnitttermins wurden anhand eines Student-t-Tests verglichen und mittels Bonferroni-Holm-Test korrigiert. Die Beziehung zwischen PPO-Aktivität und Futterqualitätsparametern wurde regressionsanalytisch überprüft.

Ergebnisse und Diskussion

Vergleich der PPO-Aktivität von Rotklee-Genotypen

Tab. 1: PPO-Aktivität in Rotklee (IU je Protein (mg/g TS) von sechs Genotypen an zwei Standorten und drei Aufwüchsen.

	Genotyp							Aufwuchs			
	I	II	III	IV	V	VI	SE	1	2	3	SE
Ort 1	1,19	0,91	1,14	1,37	0,54	0,85	0,09	0,69	0,72	1,60	0,08
	ab	bc	ab	a,A	c,B	bc,B		y,Y	y,X	x,X	
Ort 2	1,17	1,01	0,98	1,11	1,08	1,12	0,09	1,76	0,58	0,89	0,08
				B	A	A		x,X	z,Y	y,Y	

a,b,c signifikante Unterschiede zwischen Genotypen als Mittel über die Aufwüchse eines Standorts

A,B signifikante Unterschiede zwischen den Standorten innerhalb Genotyp

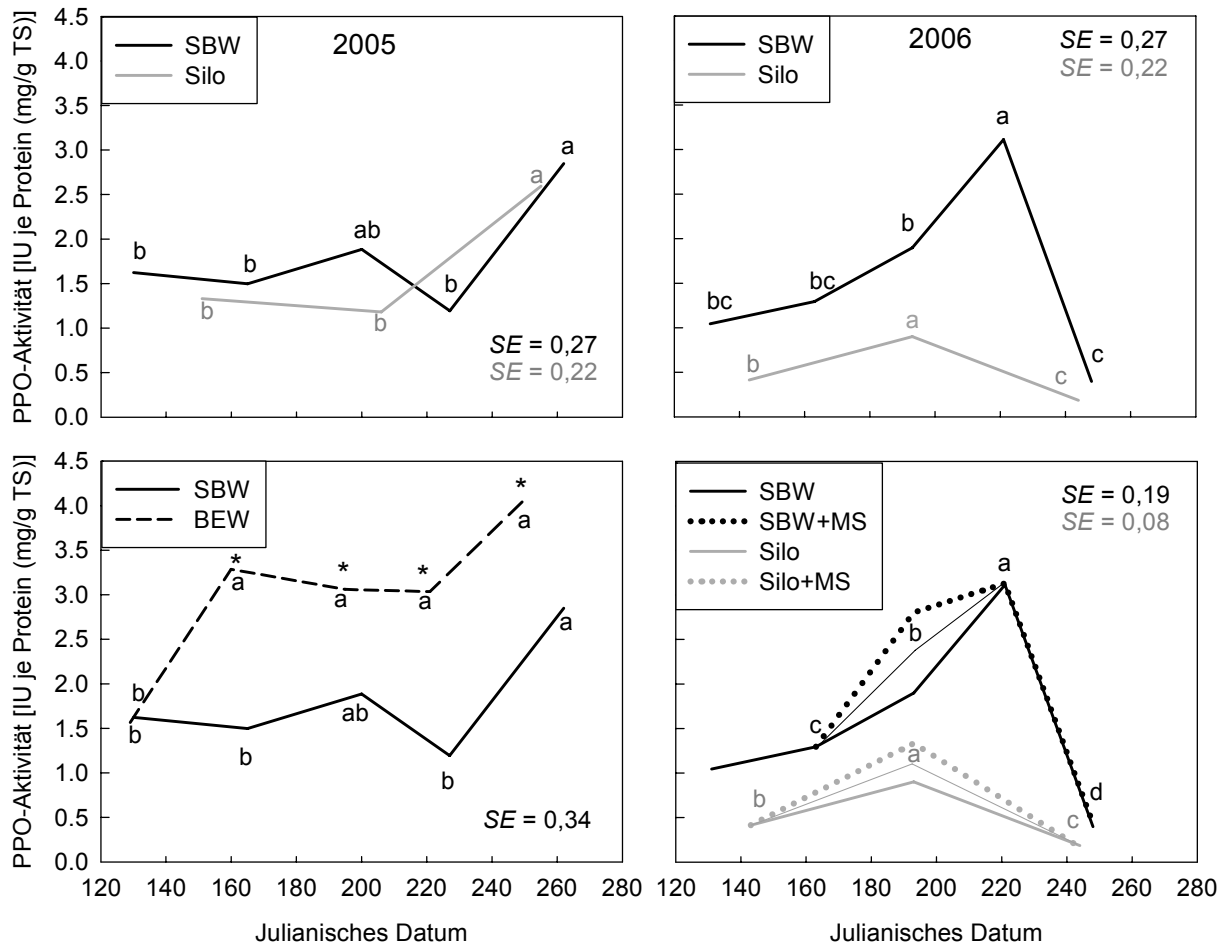
x,y,z signifikante Unterschiede zwischen den Aufwüchsen eines Standorts

X,Y signifikante Unterschiede zwischen den Standorten innerhalb Aufwuchs

Die PPO-Aktivität im Genotypenversuch variierte von 0,3 bis 2,3 IU (n=108). Die statistische Auswertung ergab signifikante ($P<0,05$) Wechselwirkungen des Standorts mit Genotyp bzw. Aufwuchs (Tab. 1). Genotypbedingte Unterschiede in der PPO-Aktivität konnten nur an einem Standort abgesichert werden, während sie zwischen den Aufwüchsen an beiden Standorten deutlich variierte.

Vergleich der PPO-Aktivität unter verschiedenen Nutzungssystemen

Im Systemvergleich war die Wechselwirkung Jahr × Aufwuchs in beiden Schnittsystemen signifikant, die PPO-Aktivität erreichte Werte von 0,4 bis 2,6 IU im 3-Schnittsystem (n=18) und von 0,4 bis 3,1 IU im 5-Schnittsystem (n=30). Bei gleicher Nutzungsfrequenz konnte für 2005 unter Beweidung im Vergleich zum 5-Schnittsystem eine höhere PPO-Aktivität abgesichert werden (bis 4,1 IU), was auf einen Einfluss des Beweidungsprozesses durch Tritt und Verbiss hindeutet (Abb. 1). In 2006 wurde im Vergleich zu SBW und Silo unter mechanischem Stress (+MS) ebenfalls eine Steigerung der PPO-Aktivität beobachtet, die jedoch nicht über alle Termine konstant war und nur für das System Silo statistisch abgesichert werden konnte.



a,b,c,d signifikante Unterschiede zwischen Aufwüchsen innerhalb eines Systems
 * signifikante Unterschiede zwischen Systemen innerhalb eines Aufwuchses

Abb. 1: PPO-Aktivität in Rotklee unter verschiedenen Nutzungssystemen.

Zusammenhang zwischen der PPO-Aktivität und Futterqualitätsparametern

Die Regression der PPO-Aktivität mit den Proteinfractionen zeigte eine signifikante Abnahme der Fraktion A bei steigender PPO-Aktivität ($P < 0,05$) sowohl beim Genotypenversuch ($R^2 = -0,15$; Daten als Mittel über die Genotypen je Standort) als auch bei den Schnittsystemen im Jahr 2006 ($R^2 = 0,46$). In beiden Datensätzen wurde die PPO-Aktivität auf das BGV bezogen. 2005 lagen diese Daten nicht vor; hier war der beobachtete Zusammenhang ($R^2 = -0,29$) für $P < 0,06$ signifikant (Tab. 2). Ein systematischer Zusammenhang zwischen der PPO-Aktivität und den weiteren Proteinfractionen konnte anhand der vorliegenden Datensätze nicht nachgewiesen werden.

Die Arbeitshypothesen konnten somit grundsätzlich bestätigt werden. Insgesamt zeigte sich in den Ergebnissen, dass der Einfluss des Genotyps hinsichtlich der PPO-Aktivität von untergeordneter Bedeutung ist, wogegen eine Variation von

Umweltfaktoren im Jahresverlauf sowie unterschiedliche Nutzungssysteme deutliche Veränderungen hervorgerufen haben. Die beobachtete Variation im Vegetationsverlauf konnte mit dem Verhältnis von Niederschlag und Temperatur in Zusammenhang gebracht werden. Die unter BEW und +MS erhöhten PPO-Aktivitäten können als Stressreaktion der Pflanzen gewertet werden. Die beobachtete Verringerung der Fraktion A bei ansteigender PPO-Aktivität verstärkt die Vermutung der Rolle des Enzyms als beeinflussender Parameter auf die Proteinqualität.

Tab. 2: Einfluss der PPO-Aktivität auf die Proteinfractionen in Rotklee.

Fraktion	Genotypen ¹ 2006 (n=36)		Silo, SBW, BEW 2005 (n=13)		Silo, SBW, +MS ¹ 2006 (n=15)	
	R ²	RMSE	R ²	RMSE	R ²	RMSE
A	-0,15 *	61,7	-0,29 ^{ns}	17,6	-0,46 *	28,7
B1	0,36 *	14,2	-0,13 ^{ns}	18,3	-0,04 ^{ns}	14,6
B2	0,22 *	48,5	0,03 ^{ns}	86,1	<0,01 ^{ns}	57,3
B3	-0,09 ^{ns}	36,5	<0,01 ^{ns}	67,2	0,20 ^{ns}	53,6
C	<0,01 ^{ns}	16,2	-0,03 ^{ns}	23,3	0,08 ^{ns}	28,1

¹ Die PPO-Aktivität wurde vor der Regression auf das Blatt-Gewichts-Verhältnis (BGV) bezogen (nicht möglich für die Datenbasis von 2005); signifikante Regressionen ($P < 0.05$) sind mit * gekennzeichnet; ns: nicht signifikant.

Es wurde gezeigt, dass die geprüften Einflussfaktoren auf die PPO-Aktivität signifikante Effekte induzieren und somit weitere Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet zielführend sind. Nächste Schritte sollten insbesondere molekularbiologische Ansätze zur Charakterisierung der für die PPO-Expression verantwortlichen Genloci beinhalten ebenso wie *in vivo* Ansätze, um die Hypothese zu überprüfen, dass durch erhöhte PPO-Aktivität in Rotklee-Genotypen die Stickstoffverwertungseffizienz der Milchkuh und die Milchhaltsstoffe positiv beeinflusst werden können.

Literatur

- Escribano, J., Cabanes, J., Chazarra, S. & García-Carmona, F. (1997). Characterization of monophenolase activity of table beet polyphenol oxidase. Determination of kinetic parameters on the tyramine/dopamine pair. *Journal of Agriculture and Food Chemistry*, 45, 4209-4214.
- Fagerberg, B. (1988). Phenological development in timothy, red clover and lucerne. *Acta Agricultura Scandinavica*, 38, 159-170.
- Licitra, G., Hernandez, R. M. & Van Soest, P. J. (1996). Standardization of procedures for nitrogen fractionation in ruminant feed. *Animal Feed Science and Technology*, 57, 347-358.

Ökologischer Anbau von Verarbeitungskartoffeln – Zum Einfluss ackerbaulicher Maßnahmen auf Ertrag und Qualität des Rohstoffes sowie des verarbeiteten Produktes

T. Haase

Einleitung

Die Kartoffeln verarbeitende Industrie stellt sehr hohe Ansprüche an die äußere und innere Qualität des Rohstoffes, die sich von jenen an Speisekartoffeln erheblich unterscheiden. So werden bestimmte Mindestknollengrößen und Minimal- bzw. Maximalkonzentrationen für Trockensubstanz und reduzierende Zucker der Knollen gefordert. Bisher lagen noch keine publizierten Erkenntnisse zur ökologischen Erzeugung von Verarbeitungskartoffeln vor, da die Forschung in der Vergangenheit auf den Anbau von Speisekartoffeln fokussiert war.

Hohe Erträge bzw. eine Steigerung des Anteiles großer Knollen werden im konventionellen Anbau über die Stickstoff-Düngung, Qualitätsparameter dagegen vor allem über eine Kaliumgabe gesteuert. Der Einfluss einer zu hohen N-Versorgung auf die Trockensubstanz und Zuckergehalte der Knollen wird dagegen in vielen Publikationen als negativ eingeschätzt. Im ökologischen Kartoffelanbau muss die N-Versorgung über die Fruchtfolge oder den Einsatz wirtschaftseigener Dünger gesichert werden. Jedoch ist es schwierig, die Verfügbarkeit des aus der organischen Substanz mineralisierten Stickstoffes mit dem Zeitpunkt des höchsten Bedarfes zu synchronisieren. Insbesondere auf den für die Kartoffelerzeugung besonders geeigneten leichteren Böden greifen viele ökologisch wirtschaftende Betriebe auf den Einsatz von mineralischen Kaliumdüngemitteln (z.B. Kaliumsulfat) zurück. Mit dem Kreislaufgedanken, der dem Ökologischen Landbau zugrunde liegt, ist dies jedoch nicht vereinbar. Daher stellt sich die Frage, ob ein vergleichbarer Ertrags- und Qualitätseffekt auch durch den Einsatz von Stallmist gewährleistet werden könnte.

Fraglich ist ebenfalls, ob nicht durch das Vorkeimen des Pflanzgutes eine verbesserte Nutzung des im Ökologischen Landbau limitierten N erreicht werden kann und ob die frühere Entwicklung der Pflanzen zu einem höheren Ertrag an marktfähiger Ware, einem höheren Reifegrad und damit für die Verarbeitung günstigen, höheren Trockensubstanz- sowie niedrigeren Zuckerkonzentrationen führt. Inwieweit die Verarbeitungseignung des Rohstoffes zur Ernte und auch nach Lagerung durch die Wahl der Sorte beeinflusst wird, sollte ebenfalls ermittelt werden.

Material und Methoden

Drei Feldversuche auf zwei Standorten (DFH: mittlerer toniger Schluff, BEL: lehmiger Sand) wurden in den Jahren 2002(03) bis 2004 durchgeführt, um den Einfluss von Vorfrucht, Vorkeimen, N- und K-Düngung und Sorte auf Nährstoffverfügbarkeit, N- und K-Aufnahme von Kraut und Knollen, N-Effizienz, Gesamt- und marktfähige Knollenerträge sowie die Qualität (Trockensubstanzgehalt und reduzierende Zucker) des Rohstoffes und des verarbeiteten Produktes (Pommes frites bzw. Chips) zur Ernte und nach Lagerung (4 Monate bei 8°C) zu untersuchen.

Tab. 1: Versuchsfaktoren und Faktorstufen in den Versuchen 1 bis 3

	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
Versuch 1	<i>Düngung</i>	<i>Sorte</i>	
	1) Stallmist (SM)	1) Agria	
	2) Kaliumsulfat (KS)	2) Marlen	
	3) Horngrieß (HG)		
	4) KSHG		
	5) Kontrolle (KON)		
Versuch 2	<i>Vorfrucht</i>	<i>Sorte</i>	<i>Vorkeimen</i>
	1) Erbse	1) Agria	1) ja (VK+)
	2) Luzerne-Kleegras	2) Marlen	2) nein (VK-)
	3) Hafer		
	4) Winterweizen		
Versuch 3	<i>Sorte</i>		
	Premiere, Velox, Camilla, Carmona, Delikat, Agria, Freya, Marlen, Marena, Saturna		

Weitere Details zu Versuchsanlage und -durchführung sowie der Qualitätsanalytik sind ausführlich in Haase et al. (2007 a,b; 2008) beschrieben.

Ergebnisse und Diskussion

Die Versuche belegen den signifikanten Einfluss der Vorfrucht auf die N-Verfügbarkeit zum Auflaufen der Kartoffeln. Nach Erbsen wurden in den beiden Versuchsjahren 2003 und 2004 (187 und 132 kg NO₃-N ha⁻¹) die höchsten NO₃-N-Werte in 0-60 cm Boden gemessen verglichen mit Kleegras (169 bzw. 108 kg NO₃-N ha⁻¹) oder Getreide (112 kg bzw. 97 kg NO₃-N ha⁻¹), obgleich die Differenz nicht in allen Fällen signifikant war. Entsprechend wurden nach Erbsen die höchsten Knollen-Frischmasseerträge (414 und 308 dt ha⁻¹) geerntet. Dasselbe galt für die Trockenmasseerträge, was belegt, dass der Trockensubstanzgehalt der Knollen bei verbesserter N-Versorgung nicht im selben Maße sinkt, wie der Frischmasseertrag steigt. Generell wurde deutlich, dass die Knollengesamterträge der angebauten Sorte unter den Bedingungen des Ökologischen Landbaus (geringe bis mittlere Nährstoffversorgung, verkürzte Vegetationsdauer) sehr stark vom Anbaujahr abhängen (Abb. 1a). Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass organisch-mineralische N-K-Düngung den sortierten Ertrag an Knollen für die Verarbeitung signifikant erhöht: Höchste Knollenerträge wurden nach kombinierter N (Horngrieß) und mineralischer K- (Kaliumsulfat) Gabe erzielt (348 dt ha⁻¹ im Durchschnitt von 2002-2004) (Abb. 1b).

Gleiches gilt für die sortierten Knollenerträge.

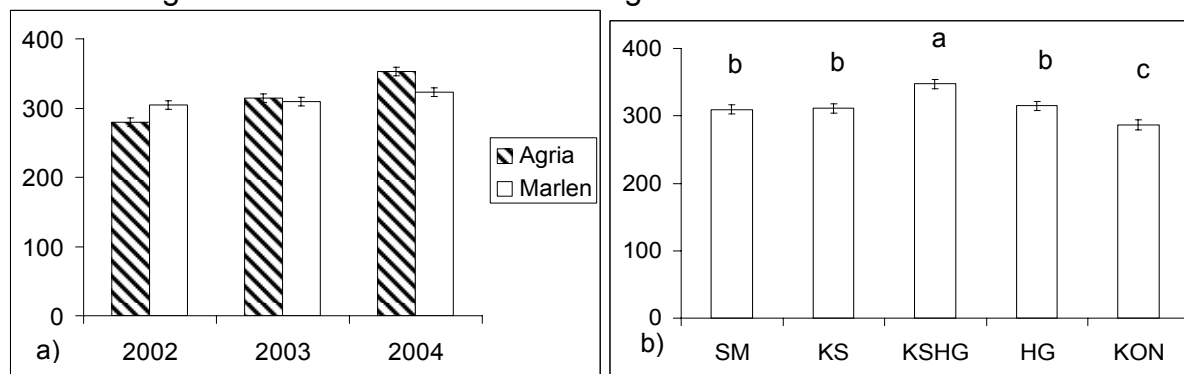


Abb. 1: Gesamt-Knollenfrischmasseerträge in Abhängigkeit von (a) Sorte und Jahr (dt ha⁻¹) und (b) Düngung (2002 - 2004; beide Sorten) (Mittelwert ± Standardfehler)

Im Gegensatz dazu kann eine Wirkung von Stallmist auf den Ertrag im Jahr der Ausbringung nicht vorausgesagt werden. Steigende Erträge nach Stallmistdüngung wurden lediglich in einem von drei Versuchsjahren (+58 dt ha⁻¹) festgestellt und ließen sich eher auf eine K- als eine N-Wirkung zurückführen (signifikant höhere K-Gehalte in der Knollen-TS).

Das Vorkeimen der Pflanzknollen führte zu früherem Auflaufen der Bestände, einer rascheren phänologischen Entwicklung im Jugendstadium der Pflanze und beschleunigter Trockenmassebildung des Krautes. Obwohl die positive Wirkung des Vorkeimens auf den Gesamtertrag bis Ende Juli (+ 26 in 2003 bzw. 34 dt ha⁻¹ in 2004) im Jahr ohne Krautfäuleepidemie von den nicht vorgekeimten Varianten bis zur Ernte im September kompensiert wurde (Tab. 2), konnte in diesem Jahr durch Vorkeimen dennoch ein erhöhter Ertragsanteil (+ 12%) der besonders nachgefragten Übergrößen (>50 mm für Pommes frites) erzielt werden. Die durchschnittliche Knollenmasse reagierte positiv auf Vorkeimen (+5,4 g), Sortenwahl (Sorte Agria) und ein erhöhtes N-Angebot (Leguminosenvorfrucht).

Tab. 2: Knollenfrischmasseertrag in Abhängigkeit von Sorte, Vorkeimen und Jahr zu unterschiedlichen Ernteterminen (Mittelwert und Standardfehler)

Sorte	Vor- keimen	2003			2004		
		15. Jul	28. Jul	17. Sep	28. Juli	13. Aug	9. Sep
Agria	VK+	226	315	399	299	311	300
	VK-	196	282	390	266	276	281
Marlen	VK+	239	325	361	278	298	307
	VK-	215	307	352	256	274	274
SF. d. MW		5,3			5,9		

Insgesamt kann festgestellt werden, dass Kartoffelknollen aus ökologischen Anbauverfahren ausreichend hohe TS-Gehalte aufweisen, um für die Verarbeitung zu Pommes frites (>19%) geeignet zu sein. Der TS-Gehalt der Referenzsorte für Chips, „Marlen“, sank im Schnitt der Jahre auf das in der Literatur geforderte Minimum für Chips von 22% lediglich dann, wenn die kombinierte Horngrieß-Kaliumsulfatdüngung zur Anwendung kam (Tab 3a).

Tab. 3: Knollentrockensubstanzgehalt in Abhängigkeit von (a) Düngung und Sorte, (b) Vorkeimen und (c) Lagerung (Mittelwert und Standardfehler; 2003-2004)

a) Düngung	Agria	Marlen	(b)	VK+	VK-
SM	21,2	22,5	2003	27,6	27,5
KS	21,2	22,7	2004	25,6	24,1
KSHG	20,1	22,0	SF d. MW	0,11	
HG	20,6	23,0	(c)	Zur Ernte	Nach Lager
KON	21,9	23,5		21,7	22,1
SF d. MW	0,17		SF d. MW	0,08	

Die in Folge des Vorkeimens vorverlegte Translokation von Assimilaten von der oberirdischen Biomasse in die Knollen wirkte sich vorteilhaft auf den von der Industrie geforderten Mindest-TS-Gehalt der Knollen aus. Der Effekt des Vorkeimens war besonders groß (+1,5% absolut) in dem Jahr mit frühem Auftreten der Krautfäule, d.h. verkürzter Vegetationszeit (Tab. 3b). Die Knollen-TS-Gehalte waren in zwei von drei Experimenten nach Lagerung höher (+0.4 und 0.5% absolut) als noch zur Ernte (Tab. 3c).

Die Ergebnisse belegen weiter, dass die Sortenwahl *die* entscheidende Rolle spielt, wenn die Kartoffeln für die industrielle Verarbeitung zu den oben genannten Produkten angebaut werden. Sorten der sehr frühen und frühen Reifegruppe wiesen den größten relativen Anstieg der Gehalte an reduzierenden Zuckern (Glukose und Fruktose) während der Lagerung auf. Den mittelfrühen Sorten „Agria“ und „Marena“ hingegen kann aufgrund der erreichten höchsten Qualitätsstandards (Pommes frites) zur Ernte eine sehr gute Eignung für die Bedingungen des Ökologischen Landbaus unterstellt werden. Die durchgehend beste Chipseignung wies die mittelfrühe Referenzsorte „Marlen“ auf (Tab. 4).

Tab. 4: Reduzierende Zuckerkonzentration (g kg^{-1} FS), L-Werte der Chips (CH; in Klammern) und Pommes frites (PF)-Qualitätsindex (in Klammern und kursiv) in Abhängigkeit der Sorte, Lagerung und des Anbaujahres (Mittelwerte)

Versuch (Produkt)	Sorte	2003		2004	
		zur Ernte	nach Lager	zur Ernte	nach Lager
1 (CH)	Marlen	6 (70,5)	16 (70,3)	15 (71,6)	66 (64,2)
2 (CH)		10 (69,6)	17 (70,1)	27 (70,6)	104 (65,8)
3 (CH)		1 (70,5)	2 (70,5)	2 (71,0)	15 (62,8)
3 (CH)	Carmona	2 (70,1)	24 (62,8)	6 (69,1)	64 (50,8)
3 (CH)	Delikat	4 (67,7)	44 (58,1)	18 (62,7)	113 (44,7)
3 (CH)	Saturna	1 (69,3)	4 (69,2)	5 (71,2)	19 (62,2)
1 (PF)	Agria	5 (3,9)	10 (3,8)	15 (3,9)	70 (3,5)
2 (PF)		16 (4,4)	28 (4,0)	29 (3,9)	136 (3,5)
3 (PF)		1 (4,5)	3 (3,8)	2 (4,1)	21 (3,5)
3 (PF)	Premiere	11 (4,1)	56 (2,8)	23 (3,0)	90 (2,2)
3 (PF)	Velox	6 (3,9)	39 (2,6)	21 (3,3)	102 (2,6)
3 (PF)	Camilla	2 (3,6)	10 (3,8)	11 (2,9)	72 (2,4)
3 (PF)	Freya	2 (4,1)	3 (3,6)	3 (3,8)	24 (3,2)
3 (PF)	Marena	2 (4,1)	3 (4,0)	2 (3,7)	11 (3,5)

Durch gezielte Sortenwahl kann der Trockensubstanzgehalt und die Konzentration reduzierender Zucker, sowie die Qualität der Endprodukte (Pommes frites und Chips) gezielt beeinflusst werden. Im Gegensatz dazu haben acker- und pflanzenbauliche Maßnahmen wie Düngung, Wahl der Vorfrucht und Vorkeimen der Pflanzknollen offenbar einen unbedeutenden Einfluss. Für die Verfügbarkeit von Stickstoff und dessen Nutzung, d.h. Umsetzung in marktfähigen Ertrag sind letztere jedoch von nicht zu unterschätzender Bedeutung.

Literatur

- Haase, T.; C. Schüler C.; H. P. Piepho; H. Thöni und J. Heß 2007a: The effect of previous crop and pre-sprouting on crop growth, N use and tuber yield of organic maincrop potatoes for processing. *J Agron Crop Sci* 93: 270-291
- Haase, T.; C. Schüler und J. Heß 2007b: The effect of different N and K sources on tuber nutrient uptake, total and graded yield of potatoes (*Solanum tuberosum* L.) for processing. *Eur J Agron* 26: 187-197.
- Haase., T.; C. Schüler; N. U. Haase und J. Heß 2008: Suitability of organic potatoes for industrial processing: Effect of agronomical measures on selected quality parameters at harvest and after storage. *Potato Res* 50:115-141

Die Verbuschung artenreichen Grünlands aus agronomischer und ökologischer Sicht

S. Kesting & J. Isselstein

Einleitung

Grünland stellt mit 52.5 Mio km² (40.5 % der weltweiten Landfläche) das größte Landnutzungssystem der Erde dar. Hiervon werden 20 % als gehölzfrei eingestuft. Die Funktionen des Grünlands sind äußerst vielfältig. Neben der Produktion von Futter wird zunehmend die Bedeutung ökologischer Funktionen (z. B. für Wasserhaushalt, C-Sequestration, Bodenerosion) erkannt. Eine herausragende Stellung nimmt Grünland als Ressource für Biodiversität ein.

In Mitteleuropa zählen Magerrasen zu den artenreichsten Habitattypen. Aufgrund von Nutzungsänderung und –aufgabe seit Mitte des letzten Jahrhunderts sind viele dieser Flächen jedoch verschwunden oder akut in der Existenz bedroht. Insbesondere stellt die Ansiedlung von Gehölzen ein grosses Problem dar. Bemühungen haben gezeigt, dass die durch landwirtschaftliche Nutzung entstandenen Habitate in ihrer typischen Ausprägung nur durch die Fortführung der Nutzung (Beweidung) zu erhalten sind. Ein wichtiges Ziel ist es daher, kostengünstige landwirtschaftliche Nutzungsstrategien zu entwickeln, die gleichzeitig ein hohes Mass an Biodiversität gewährleisten. In der Praxis wird man abwägen müssen zwischen dem Aufwand an Pflegemassnahmen (Entbuschung) einerseits und dem Verlust an Biodiversität, sowie dem Nutzungspotential andererseits.

Die Veränderungen der pflanzlichen Diversität sowie die Veränderung des Nutzungspotentials mit zunehmender Verbuschung wurden in einer Gradientenanalyse untersucht. Allgemein geht man bei der Magerrasen-Sukzession von einer Artenverarmung aus, die über verschiedene Stadien zum Verlust der lichtliebenden und konkurrenzschwachen Pflanzenarten führt. Andererseits resultiert aus der einsetzenden Verbuschung eine höhere Habitatheterogenität, die das Nebeneinander von licht- als auch schattenliebenden Pflanzen ermöglicht. Es wurde die Hypothese getestet, dass zunehmende Verbuschung zu einem Verlust lokaler Diversität (α -Diversität), aber zu einer Erhöhung der Landschaftsdiversität (γ -Diversität) führt. Zur Abschätzung des Nutzungspotentials stellen Ertrag und Futterqualität des Aufwuchses die entscheidenden Kenngrößen dar. Abhängig vom Klima und den das Wachstum limitierenden Faktoren, werden in der Literatur positive als auch negative Beziehungen zum Verbuschungsgrad genannt. Für die gemäßigte Zone haben wir die Hypothese, dass zunehmende Verbuschung zu sinkendem Ertrag und Futterqualität führt.

Material und Methoden

Im Nordosten der Stadt Göttingen (Niedersachsen) befindet sich eine reich strukturierte Muschelkalk-Hügellandschaft mit extensiver Grünlandnutzung. Es dominieren magere Glatthaferwiesen und Weiden. An steileren Passagen des Oberen Muschelkalkes finden sich Fragmente ehemals gut ausgebildeter Kalk-Halbtrockenrasen (*Gentiano-Koelerietum pyramidatae*).

In dem Gebiet von etwa 250 ha wurden 30 Versuchsflächen (je 100 m²) so ausgewählt, dass eine möglichst weite Amplitude eines Verbuschungsgradienten ab-

gedeckt wurde. Dieser erstreckte sich von gehölzfreier Grünlandvegetation über mäßig bis stark verbuschte Flächen bis hin zu Vorwaldstadien. Für die Quantifizierung der Verbuschung wurde ein Index entwickelt, der sich aus dem logarithmierten Produkt von Höhe und Deckungsgrad der Strauchschicht ergibt. Im Unterschied zum reinen Deckungsgrad wird hierbei die Beschattung der Grasnarbe durch die Gehölze besser berücksichtigt.

Für die Bestimmung der Pflanzenartendiversität wurden pro Versuchsfläche zehn Vegetationsaufnahmen (je 1 m²) angefertigt. Die Position der Aufnahmen wurde dabei im Vorfeld nach einem zufälligen Muster festgelegt. Mitte Juni wurde auf vier der Quadratmeterflächen die stehende Biomasse beerntet und bei 60°C getrocknet. Nach Bestimmung der Trockenmasse wurde das zerkleinerte und auf 1 mm gesiebte Pflanzenmaterial mit einem NIR-Spektroskop analysiert. Mit Hilfe von validierten Regressionsgleichungen wurden die Inhaltsstoffe geschätzt (VDLUFAs Qualitätssicherung, Kassel). Zusätzlich wurde der Aschegehalt des Pflanzenmaterials (Veraschung bei 550°C) bestimmt, der in die Berechnung der umsetzbaren Energie nach Potthast et al. (1997) einging.

Die statistische Auswertung erfolgte durch lineare Regression und Korrespondenzanalyse (DCA) mit dem Statistikprogramm „R“ V.2.5.1 und Canoco for Windows V.4.5.

Ergebnisse und Diskussion

Die Mittlere Artenzahl pro Untersuchungsfläche beträgt 45 (max 68), bzw. pro Quadratmeterfläche 17 (max 41), womit es sich um relativ artenreiches Grünland handelt. Die höchsten Artenzahlen wurden bei Flächen mit mittlerem Verbuschungsgrad festgestellt. Zu einem ähnlichen Ergebnis kam eine Studie zur Magerrasensukzession aus Finnland (Pykälä et al., 2005). Durch die Analyse der Vegetationsaufnahmen mit Hilfe von Ordinationstechniken erhält man ein differenzierteres Bild. In

Abb. 3 sind als Ergebnis einer DCA die Arten im Ordinationsraum dargestellt. Deutlich erkennbar ist eine Differenzierung der Vegetation durch die Gehölze (Achse 1) sowie anhand der Arten des Wirtschaftsgrünlandes im Vergleich zu Arten der Halbtrockenrasen (Achse 2). Die erste Achse lässt sich als Verbuschungsgradient interpretieren, während die zweite Achse hinsichtlich des Vegetationstypes differenziert. Durch ein Anpassungsmodell (GLM) lässt sich die Artenzahl der korrespondierenden Aufnahmeflächen veranschaulichen (Abb 3 B). Die höchsten Artenzahlen liegen im mittleren Bereich der Achse 1 und damit bei mittlerer Verbuschungsintensität. Darüber hinaus zeigt die Analyse, dass bei geringer Verbuschung, die Diversität von der Vegetationszusammensetzung bestimmt wird. Die Hypothese der abnehmenden α -Diversität mit zunehmender Verbuschung muß demnach für geringe Verbuschungsintensitäten abgelehnt werden.

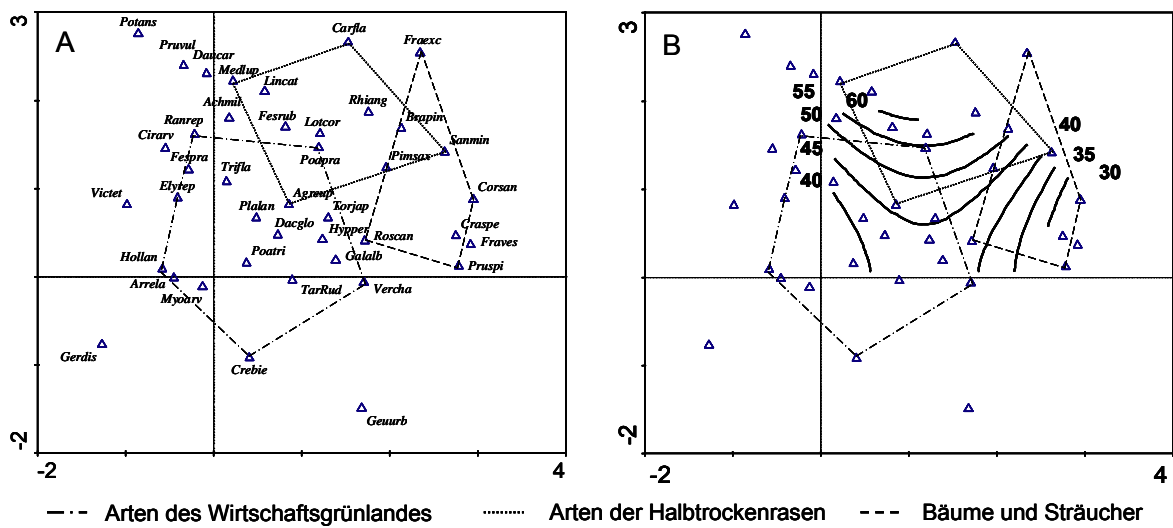


Abb. 3 Darstellung der Pflanzenarten im Ordinationsraum (1. und 2. Achse der DCA). B: Linien gleicher Artenzahl veranschaulichen den Diversitäts-Gradienten der korrespondierenden Aufnahme­flächen und sind das Ergebnis eines linearen Anpassungsmodells (GLM, quadratische Funktion). Die Abkürzung der Artnamen setzt sich aus den ersten drei Buchstaben der Gattung sowie des Artepitheton zusammen.

Die Veränderung der Landschaftsdiversität (γ -Diversität) lässt sich mit Hilfe von Art­­sättigungskurven beschreiben. Der Vergleich zwischen der theoretischen Sättigungskurve bei zufälliger Verteilung (Gotelli and Colwell, 2001) mit derjenigen, die man durch Ordnen der Aufnahmen nach aufsteigender Verbuschung erhält, zeigt einen signifikanten Zuwachs der γ -Diversität aufgrund der Verbuschungsstadien. Zur Förderung der Landschaftsdiversität sind initiale Verbuschungsstadien daher eher als positiv zu bewerten.

Aus agronomischer Sicht ist es notwendig, den Einfluss der Verbuschung auf Ertrag und Futterqualität abschätzen zu können. Die Tab. 2 zeigt Mittelwerte und Streuung der gemessenen Kenngrößen, die Ergebnisse der linearen Regression sind in Tab. 3 zusammengefasst. Erwartungsgemäß nimmt der Ertrag mit steigender Verbuschung ab. Gleichzeitig steigen jedoch der Energiegehalt sowie die Protein- und Fettkonzentration im Aufwuchs. Aufgrund der Beschattung durch die Gehölze und der damit geringeren Photosyntheserate lässt sich die Abnahme des Kohlenhydrat­­gehaltes erklären. Da der Lichtmangel die Assimilation der Kohlenhydrate stärker begrenzt als die Stickstoff-Aufnahme, nehmen Rohprotein- und Rohfettgehalt relativ zu. Damit steigt auch der Energiegehalt des Futters. Zu einem höheren Futterwert kann außerdem ein höherer Anteil an zweikeimblättrigen Pflanzen beitragen.

Tab. 2: Deskriptive Statistik der Kenngrößen für Ertrag (TM) und Futterqualität: Rohprotein (XP), Rohfaser (XF), Rohfett (XF), wasserlösliche Kohlenhydrate (XZ), umsetzbare Energie (ME).

	TM [g m ⁻²]	XP [% TM]	XF [% TM]	XL [% TM]	XZ [% TM]	ME [MJ]
Mean	162.9	11.7	26.1	2.8	8.1	9.6
Min	20.9	7.2	17.6	1.7	3.1	8.9
Max	357.5	17.1	33.7	3.5	15.1	10.2
CV [%]	62.0	22.8	16.2	15.2	39.2	3.1

Tab. 3: Einfluß des Verbuschungsgrades auf Ertrag und Qualität des Futters, lineare Regression.

	Schätzwert	R ²	P (> t)	
TM	-18.8	0.43	0.0002	***
XP	0.49	0.42	0.0003	***
XF	-0.44	0.13	0.060	.
XL	0.08	0.47	8.58e-05	***
XZ	-0.67	0.55	1.03e-05	***
ME	0.05	0.34	0.0016	**

Signifikanzniveau 0 '****' 0.001 '***' 0.01 '**' 0.05 '.' 0.1

Zum Erhalt der typischen Magerrasen ist die Beweidung eine notwendige Voraussetzung. Bei geringen Besatzstärken und einer damit verbundenen hohen Selektivität können auf extensivem Grünland relativ hohe Weideleistungen erzielt werden. Die Verbuschung führt zu einem deutlich geringeren Ertrag, hat jedoch keinen negativen Effekt auf die Futterqualität. Eine leichte Verbuschung ist bezogen auf die Diversität eher als positiv zu bewerten.

Literatur

- Gotelli, N. J. and Colwell, R. K. (2001) Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters*, **4**, 379-391.
- Potthast, V., Haverkamp, R. and Rodehutscord, M. (1997) Ableitung von Formeln zur Schätzung des Energiegehaltes von Grasprodukten unter Verwendung von *in-vitro*-Parametern (Gasbildung, Cellulase-Löslichkeit). *Das Wirtschaftseigene Futter*, **43**, 205-216.
- Pykälä, J., Luoto, M., Heikkinen, R. K. and Kontula, T. (2005) Plant species richness and persistence of rare plants in abandoned semi-natural grasslands in northern Europe. *Basic and Applied Ecology*, **6**, 25-33.

Pflanzenbauliche Auswirkungen der Biogaserzeugung, untersucht am Beispiel eines viehlosen ökologischen Anbausystems

W. Stinner, A. Deuker, K. Möller & G. Leithold

Einleitung

Zur Biogaserzeugung eignet sich grundsätzlich sehr heterogene Biomasse ohne spezifische Anforderungen an deren Trockensubstanzgehalt sowie an einseitig hohe Öl-, Stärke- oder Zuckergehalte. Das macht die Biogaserzeugung zu einer interessanten pflanzenbaulichen Option. Neben anfallenden Ernteresten kann auch aus Zwischenfrucht- und Kleeerasaufwüchsen ein Verkaufsprodukt erzeugt werden. Dies macht den Anbau der genannten Kulturen attraktiver. Der von den Zwischenfrucht- oder Futterleguminosen fixierte Stickstoff kann nach der Vergärung zur zielgerichteten Düngung anderer Früchte der Fruchtfolge verwendet werden.

Von besonderer Bedeutung ist dieser Aspekt für viehlose ökologische Betriebe. Gerade dort sind diese Anbauelemente von hoher Bedeutung für die Stickstoffsammlung, die Unkrautunterdrückung und den Bodenaufschluss. Ohne Nutzungsmöglichkeit wird oft versucht, vor allem auf den Anbau von Futterleguminosen zu verzichten – mit negativen pflanzenbaulichen Auswirkungen. Durch Nutzung der Gärreste als mobile organische Dünger können einerseits zeitlich und räumlich bestehende Defizite bei der N-Versorgung der bedürftigen Früchte in der Fruchtfolge ausgeglichen werden. Andererseits können, im Vergleich zur üblichen Bewirtschaftung, bei der das Pflanzenmaterial auf der Fläche verbleibt und gemulcht oder eingearbeitet wird, mit der Ernte desselben zeitlich und räumlich bestehende Stickstoffüberhänge abgeschöpft und damit Verlustpotenziale vermindert werden. Dies gilt besonders für die große Ernterückstandsmasse eines Kleeerasbestandes, nach deren Zersetzung auf dem Feld gasförmige N-Verluste in Form von NH_3 , N_2O und N_2 auftreten können. Beachtet werden muss hierbei, dass die beiden erstgenannten Verlustströme auch eine erhebliche Umweltrelevanz haben. Durch Ernte des Schnittgutes wird auch gegenüber gemulchtem Kleeeras das Problem der hohen N_{min} -Gehalte verringert. Diese sind nach Vegetationsende auswaschungsgefährdet und vermindern während der Vegetation die N_2 -Fixierungsleistung des Bestandes. Auch die Ernte von Zwischenfrüchten reduziert Verlustpotenziale: Die erheblichen N-Mengen, die im Herbst in Zwischenfruchtaufwüchsen auf der Fläche verbleiben, sind über Winter auswaschungs- und denitrifikationsgefährdet, wenn nach Einarbeitung, Mulchen oder Abfrieren günstige Mineralisierungsbedingungen herrschen und vor Vegetationsbeginn entsprechend hohe Niederschläge fallen (siehe auch STINNER et al. 2008). Im vorgestellten Forschungsprojekt, gefördert durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt, wurden die Auswirkungen der Vergärung der anfallenden gärfähigen Substrate auf Erträge, Qualitäten und ausgewählte Umweltparameter untersucht.

Material und Methoden

Die Ergebnisse stammen aus einem Feldversuch auf dem Lehr- und Versuchsbetrieb Gladbacherhof (60-70 Bodenpunkte, Parabraunerde aus Löss, 9,3° Jahresmitteltemperatur, 682 mm durchschnittlicher Jahresniederschlag). Die Fruchtfolge war sechsfeldrig und bestand aus *Luzerne-Kleeeras* (KG), *Kartoffeln* (K), *Winterweizen* (WW 3), *Körnererbsen* (Erb), *Winterweizen* (WW 5) und *Sommerweizen* (SW). Jeweils nach Winterweizen und Erbsen wurde ein Zwischenfruchtgemenge aus Ölerrettich und Sommerwicken angebaut. In den Sommerweizen wurde das Kleeerasgemenge

untergesät. Dargestellt werden im Folgenden die Ergebnisse der Kontrollvariante (v-los), bei der die Aufwüchse von Klee gras und Zwischenfrüchten sowie das Stroh von Getreide und Erbsen zur Gründüngung auf der Fläche belassen wurden und einer Biogas-Variante (v-los BG), bei der das oben genannte Material geerntet und in einer Hochleistungs-Perkolations-Biogasanlage vergoren wurde. Dabei entstanden feste und flüssige Gärreste, die zur Düngung der nichtlegumen Früchte in der Fruchtfolge dienten. Die Feststoffe wurden nach der Vergärung vor allem zur Winterpflugfurche vor Kartoffeln und Sommerweizen ausgebracht und eingearbeitet. Die flüssigen Gärreste wurden als Kopfdünger im Frühjahr vor allem zum Winterweizen gegeben. Wegen leakagebedingten Verlusten standen diese in den Kernversuchsjahren 2003 und 2004 nicht zur versuchskonformen Düngung des Sommerweizens zur Verfügung. Im Jahr 2002 wurde wegen der späten Mittelbewilligung der Winterweizen erst im Mai mit einer geringeren Menge gedüngt, so dass auch der Sommerweizen mit flüssigen Gärresten beaufschlagt werden konnte. Auch im Jahr 2005 wurde dies aufgrund von Optimierungen der Vergärungstechnik ermöglicht.

Untersucht wurde außerdem eine Variante mit zusätzlicher Vergärung betriebsfremder Kosubstrate. Aus Platzgründen werden in diesem Artikel jedoch nur die beiden oben genannten Systeme dargestellt und diskutiert.

Erhoben wurden Erträge und Nährstoffgehalte von Haupt- und Zwischenfrüchten. Die N_{\min} -Gehalte im Boden wurden im Frühjahr und im Herbst in den Tiefenstufen 0-30 cm, 30-60 cm und 60-90 cm gemessen. Zur Erfassung des Verlaufs der TM-Bildung und der N-Aufnahme wurden Zeiternten bei Druschfrüchten und Kartoffeln genommen. In Zusammenarbeit mit dem Institut für allgemeine Mikrobiologie der Universität Gießen wurden die klimarelevanten Emissionen aus den Böden der unterschiedlich gedüngten Parzellen gemessen. Von besonderem Interesse waren hier die N_2O -Emissionen. Die potenziellen Energieerträge des Biogassystems wurden aus den gemessenen Erträgen der verschiedenen Nebenprodukte mit aus der Literatur verfügbaren Kennziffern zur Gasausbeute der Materialien errechnet. Soweit Literaturangaben für einzelne Substrate nicht verfügbar waren, wurden diese in Anlehnung an ähnliche Substrate unter Einbeziehung der Buswell-Formel geschätzt. Die angegebenen Energieerträge sind Brutto-Werte. Die verwendete Einheit Norm-Kubikmeter Methan ($Nm^3 CH_4$) entspricht energetisch etwa einem Liter Diesel. Der Eigenverbrauch der Anlage sowie der Energieverbrauch für Ernte und Ausbringung der Gärreste sind nicht berücksichtigt.

Die Ergebnisse wurden mit dem Programm SPSS, Version 15.0 varianzanalytisch verrechnet. Unterschiedliche Buchstaben in den Ergebnisdarstellungen kennzeichnen statistische Unterschiede ($P \leq 0,05$).

Ergebnisse und Diskussion

Mit den Nebenprodukten (ohne Stoppelreste) wurden in der Biogasvariante im Mittel der Jahre 2002 – 2003 $122 \text{ kg N}^* \text{ ha}^{-1}$ im Durchschnitt der gesamten Ackerfläche (AF) zur Vergärung abgefahren (Tab.1). Umgerechnet auf die (zu düngende) Nichtleguminosenfläche (NL) bedeutet dies eine Bruttomenge von $183 \text{ kg N}^* \text{ ha}^{-1}$. Nach Abzug der für Gülle laut Düngeverordnung zulässigen Verluste liegen diese Werte durchaus im Bereich der gedüngten N-Mengen konventioneller Ackerbausysteme. Mit jeweils über 40 % rührte der größte Teil des geernteten Stickstoffs von den Aufwüchsen der Zwischenfrucht- bzw. Futterleguminosengemenge. Dies bestätigt das Potenzial dieser Anbauelemente zur Stickstoffversorgung einer Fruchtfolge.

Das Methanertragspotenzial aus den Nebenprodukten der untersuchten Fruchtfolge betrug im Mittel der Kern-Versuchsjahre 2003 und 2004 fast 1700 Nm³ CH₄*ha⁻¹ (Tab. 1). Hierbei sind Substrate, die häufig überbetrieblich anfallen (z.B. Sortierkartoffeln, Getreideausputz) nicht berücksichtigt. Das dargestellte Potenzial entspricht dem Anbau von Energiemais auf etwa einem Viertel der Ackerfläche (AF) (mittlere Werte nach DEUKER et al. 2008). Eine Übertragung auf konventionelle Verhältnisse scheint möglich. Zwar fehlt dort üblicherweise das Anbauelement Klee-gras als Grünbrache, ein Zwischenfruchtanbau auf größerer Fläche ist jedoch praktikabel. Auch sind dort Getreide- und Stroherträge höher, so dass hier höhere Werte erreicht werden können. Für konventionelle Betriebe steht darüber hinaus auch dem aus der Fütterung bekannten Strohaufschluss mittels Ammoniak oder Natronlauge nichts entgegen, der nach KEYMER (2006) die Gasausbeuten deutlich erhöht. In konventionellen Fruchtfolgen ohne humusmehrenden Gras- oder Leguminosenanbau sollte die Humusversorgung beachtet werden. Positiv schlägt hier ein verstärkter Zwischenfruchtanbau und die höhere Humuswirkung der Gärreste zu Buche. Möglicherweise ist in solchen Systemen darüber hinaus eine Fruchtfolgeoptimierung (Anbau perennierender Bestände) notwendig.

Im Versuch konnte durch die Vergärung der Nebenprodukte eine bessere Verteilung des Stickstoffs innerhalb der Fruchtfolge und eine zeitgerechtere Versorgung erreicht werden. Daraus ergaben sich höhere Weizenerträge (Tab. 2) und Rohproteingehalte (Tab. 3).

Die Trennung der Gärreste in einen festen Anteil mit einem C/N- Verhältnis von 11 – 39:1 (je nach Ausgangssubstrat) und einen flüssigen Dünger mit einem C/N- Verhältnis von ca. 4:1 hatte deutliche Vorteile. Die flüssigen Gärreste wirkten rasch und deutlich, eignen sich also zur Steuerung der Bestandesentwicklung. Außerdem waren gegenüber ungetrennter Gülle die Stickstoffemissionen (Ammoniak) nach der Ausbringung reduziert (MÖLLER und STINNER 2008). Vermutlich drang der flüssige Gärrest sehr schnell in den Boden ein.

Tab. 1: Mit den Nebenprodukten in der Biogasvariante geerntete Stickstoffmengen [kg N*ha⁻¹*a⁻¹] im Mittel der Jahre 2002 – 2003 sowie Methanertragspotentiale dieser Substrate [Nm³ CH₄*ha⁻¹] im Mittel der Jahre 2003 – 2004

	N-Ernte	%	CH ₄	%
KG	346	47	3597	36
Restkartoffeln	-	-	528	5
Stroh	66	9	3803	38
ZF	321	44	2190	22
ΣAF	733		10118	
\bar{x} AF	122		1686	

Tab. 2: Trockenmasseerträge [dt TM*ha⁻¹] des Weizens¹⁾

	Kontrolle	Biogas
Σ WW3	127	141
WW3 Stroh	73	82
Korn	54	59
Σ WW5	113 ^a	138 ^b
WW5 Stroh	70 ^a	87 ^b
Korn	43 ^a	51 ^b
Σ SW	58 ^a	68 ^b
SW Stroh	38	43
Korn	20 ^a	26 ^b
\bar{x} WW	48 ^a	55 ^b
Korn		

¹⁾ WW: Kernversuchsjahre 2003 u. 2004, Sommerweizen: 2002 und 2005

Tab. 3: Rohproteingehalte [%] und N-Aufnahme [kg N ha⁻¹] des Winterweizens (Mittelwert beider Fruchtfolgefelder der Jahre 2003 und 2004)

	v-los	v-los BG
Rohproteingehalt	10,2 ^a	10,8 ^k
Σ N-Entzug	115 ^a	141 ^p
N-Entzug Korn	87 ^a	104 ^p
N-Entzug Stroh	28 ^a	37 ^b

Längerfristig sind, vor allem auf leichteren Standorten mit höherer Auswaschungsgefährdung, noch deutlichere Effekte zu erwarten. So bewirkte im Versuch die Ernte der N-reichen Koppelprodukte zwar niedrigere N_{\min} -Werte, v.a. im Herbst, und damit ein höheres Auswaschungsrisiko der Kontrolle (MÖLLER und STINNER 2008), jedoch wurde am Versuchsstandort 2008 noch in einer Tiefe von 1,60 Metern bei Winterweizen eine intensive Durchwurzelung festgestellt. Dort konnte also auch Stickstoff aus tiefen Bodenschichten noch genutzt werden.

Zu beachten ist bei Umstellung auf Biogaswirtschaft die Zwischenlagerung von Nährstoffen in Form von Substrat und Gärresten. Der Stickstoff aus den festen Gärresten konnte so in den ersten Versuchsjahren nicht ausreichend wirksam werden. Nach Optimierung des Systems im Jahr 2005 führten heftige Gewitter Anfang Juli mit einer nachfolgend langen Regenperiode zu Lager bei den üppigen Winterweizenbeständen in der Biogasvariante. Für ökologisch bewirtschaftete Systeme sind daher weitere Verbesserungen notwendig (Düngemanagement, Fruchtarten- u. Sortenwahl). Dadurch sind gegenüber den dargestellten Ergebnissen noch weitere Steigerungen der N-Effizienz zu erwarten.

Die bodenbürtigen Emissionen des klimawirksamen Lachgases (N_2O) konnten durch die Ernte und Vergärung des Kleegrases um 88 % reduziert werden (MÖLLER und STINNER 2008). Die Ernte der Zwischenfruchtaufwüchse reduzierte ebenfalls die Lachgasemissionen im Herbst und Winter, insbesondere bei einer Herbstpflugfurche. Andererseits führte die Ausbringung der Gärreste zu erhöhten Lachgasemissionen zu anderen Zeitpunkten in den gedüngten Fruchtfolgefeldern. Insgesamt führte die Ernte und Vergärung von Nebenernteprodukten und Zwischenfrüchten und die Rückführung der Gärreste zu einer Verminderung der bodenbürtigen Lachgasemissionen um ca. 40%. Die höhere Methanoxidation des Bodens in der Kontrolle beeinflusste das Gesamtergebnis kaum. Saldiert und umgerechnet auf das Global Warming Potential (GWP) lag die Biogasvariante mit Vergärung der betriebseigenen Nebenprodukte mit $836 \text{ kg CO}_2 \text{ äq.} \cdot \text{ha}^{-1}$ um 37 % unter den Emissionen der Kontrolle ($1326 \text{ kg CO}_2 \text{ äq.} \cdot \text{ha}^{-1}$). Grund ist die deutlich höhere Klimawirksamkeit von N_2O . Der auf die Masse bezogene CO_2 -Äquivalent-Wert für N_2O liegt nach dem IPCC-Bericht von 2007 für einen Zeitraum von 100 Jahren bei 298, der für Methan bei 25.

Literatur

- Keymer, U. 2005: Biogasausbeuten verschiedener Substrate; <http://www.lfl.bayern.de/ilb/technik/10225/index.php> (besucht am 23.09.08)
- Deuker, A., W. Stinner and G. Leithold (2008): Biogas energy potentials from agricultural by-products; Examples from organic farming in Germany compared with energy maize. 16th European Biomass Conference and Exhibition- From Research to Industry and Markets. 2-6 June 2008, Valencia, Spain
- Möller, K. und W. Stinner (2008): Effects of different manuring systems with and without biogas digestion on soil mineral nitrogen content and on gaseous nitrogen losses (ammonia, nitrous oxides). European Journal of Agronomy. DOI: 10.1016/j.eja.2008.06.003 (im Druck).
- Stinner, W., K. Möller und G. Leithold (2008): Effects of biogas digestion of clover/grass-leys, cover crops and crop residues on nitrogen cycle and crop yield in organic stockless farming systems. European Journal of Agronomy 29, 125-134.

Acrylamid in Getreideprodukten - Einfluss produktionstechnischer Maßnahmen bei Getreide zur Reduzierung von Acrylamidvorstufen im Korngut

E. A. Weber

Einleitung

Acrylamid (AA) gilt als „wahrscheinlich krebserregend beim Menschen“ (IARC, 1994). Die Substanz entsteht beim starken Erhitzen kohlenhydratreicher Lebensmittel aus den natürlichen Vorstufen freies Asparagin (Asn) und reduzierende Zucker im Rahmen der Maillardreaktion. Möglichkeiten zur Reduktion werden zum einen in Eingriffen in den Herstellungs- und Verarbeitungsprozess, zum anderen in der Verwendung von Rohstoffen mit geringen Gehalten an AA-Vorstufen gesehen. In einem Forschungsverbund zwischen den Instituten für Pflanzenbau und Lebensmitteltechnologie der Universität Hohenheim, der Bundesforschungsanstalt für Ernährung und Lebensmittel Karlsruhe (BFEL) und dem Chemischen und Veterinäruntersuchungsamt Stuttgart (CVUAS) wurden Maßnahmen zur Minimierung von AA in Getreideprodukten entlang der gesamten Food Chain, vom Anbau auf dem Feld bis zum fertigen Produkt erarbeitet.

Im Bereich Pflanzenbau wurde der Einfluss verschiedener produktionstechnischer Maßnahmen zur Reduzierung des AA-Bildungspotenzials von Getreide untersucht. Hierbei standen folgende Versuchsfragen im Vordergrund:

- Durch welchen Inhaltsstoff wird das Acrylamid-Bildungspotenzial von Getreide maßgeblich bestimmt?
- Kann die Bestimmung des Gehaltes der relevanten Vorstufe als einfacher Indikator zur Abschätzung des AA-Bildungspotenzials im Rohstoff Getreide herangezogen werden?
- Welchen Einfluss hat die Getreideart und Sorte auf den Gehalt an der relevanten AA-Vorstufe und damit auf das AA-Bildungspotenzial? Kann durch geeignete Sortenwahl eine Reduktion des AA-Bildungspotenzials erzielt werden?
- Welchen Einfluss hat die Stickstoffdüngung bei Weizen auf den AA-Vorstufen-gehalt und auf das AA-Bildungspotenzial? Lässt sich durch die N-Düngungsintensität und die Wahl des N-Düngers (Höhe, N-Form) der Gehalt an der relevanten AA-Vorstufe beeinflussen?

Material und Methoden

In den Vegetationsperioden 2003/2004 und 2004/2005 wurden zu diesen Fragestellungen auf der Versuchsstation Ihinger Hof (48° 44` N, 8° 56` E, 478 m ü. NN, Ø 8,2° C, Ø 681 mm) drei Feldversuche (Blockanlagen, 3 Wiederholungen) durchgeführt. In einem Arten- und Sortenversuch wurden 16 Winterweizensorten der Qualitätsgruppen E, A, B und C_K sowie zwei Winterdinkel- und zwei Winterroggen-sorten untersucht. In einem N-Düngungsversuch wurde bei Winterweizen der Einfluss einer in der Höhe variierten N-Düngermenge geprüft. Dabei wurden N-Mengen von 0 bis 220 kg N ha⁻¹ in 2-5 Teilgaben in Form von KAS ausgebracht. In einem weiteren Düngungsversuch wurde der Einfluss verschiedener N-Dünger, mit unterschiedlichen Anteilen an Nitrat-, Ammonium- und Amid-N untersucht. Zum Einsatz kamen KAS, HAS im CULTAN-Verfahren, Harnstoff, AHL, Entec 26 und die Kombination aus Gülle+KAS (KAS in EC 37 und EC 49). Die N-Dünger wurden in Ab-

hängigkeit von der Form bzw. vom Verfahren in 1-4 Teilgaben in einer Menge von insgesamt 180 kg N ha⁻¹ verabreicht. Die Bestimmung des Gehaltes an freiem Asn erfolgte mittels HPLC, die Bestimmung der reduzierenden Zucker nach der Methode nach Luff Schoorl. Das AA-Bildungspotenzial wurde nach einer von der BFEL entwickelten Methode mittels GC/MS bestimmt (Weber et al., 2008). Mit Mehlen ausgewählter Varianten aus den Feldversuchen wurden außerdem Brötchenbackversuche nach Standardbackverfahren durchgeführt. Die Acrylamidbestimmung in den Brötchen erfolgte ebenfalls über GC/MS.

Ergebnisse und Diskussion

In beiden Versuchsjahren korrelierte der Gehalt an freiem Asn eng mit dem AA-Bildungspotenzial der Mehle (Abb. 1: 2004: R²=0,77; 2005: R²=0,81, nicht dargestellt), wohingegen zwischen dem Gehalt an reduzierenden Zuckern und dem AA-Bildungspotenzial nur ein schwacher Zusammenhang (2004: R²=0,23, nicht dargestellt) zu erkennen war. Daraus leitet sich ab, dass das AA-Bildungspotenzial von Getreide wesentlich vom Gehalt an freiem Asn bestimmt wird. Dieser stellt damit die relevante Zielgröße dar, die es über pflanzenbauliche Maßnahmen zu senken gilt. Der Gehalt an freiem Asn eignet sich hierbei als guter Indikator zur Abschätzung des AA-Bildungspotenzials im Rohstoff Getreide.

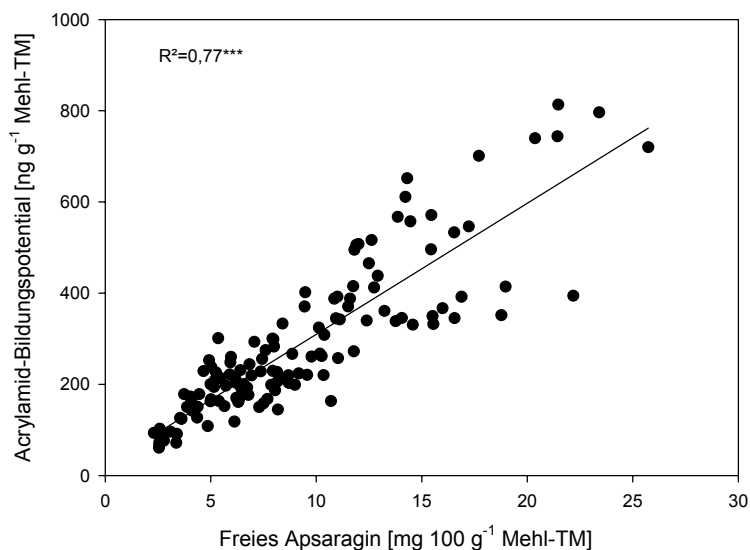


Abb. 1: Beziehung zwischen dem Gehalt an freiem Asparagin und dem Acrylamid-Bildungspotenzial von Mehlen verschiedener Weizen-, Dinkel- und Roggensorten und unterschiedlicher N-Düngungsvarianten der Ernte 2004 (p<0,0001).

Die Ergebnisse des Arten- und Sortenversuchs zeigten eine hohe Variabilität des Asn-Gehaltes in Abhängigkeit vom Jahr, der Getreideart und der Getreidesorte (Abb. 2). Im Mittel über die Jahre und Sorten wies Roggen zwei bis dreifach höhere Gehalte an freiem Asn auf als Weizen und Dinkel. Bei allen geprüften Getreidearten waren signifikante Sortenunterschiede im Gehalt an freiem Asn zu finden. In jeder der geprüften Weizenqualitätsgruppen waren Sorten vertreten, die sich durch geringe bis mittlere Asn-Gehalte signifikant von anderen Sorten unterschieden. Des Weiteren war im geprüften Winterweizenspektrum eine deutliche Jahr x Sorte-Wechselwirkung zu beobachten. Während einige Sorten sehr stark auf die Jahreswitterung reagierten, waren auch Sorten vertreten, die in beiden Jahren relativ stabile Asn-Gehalte

aufwiesen. Zur Senkung des AA-Bildungspotenzials sind vor allem diejenigen Sorten geeignet, die bei geringen bis mittleren Asn-Gehalten relativ unempfindlich gegenüber unterschiedlichen Witterungsbedingungen reagieren.

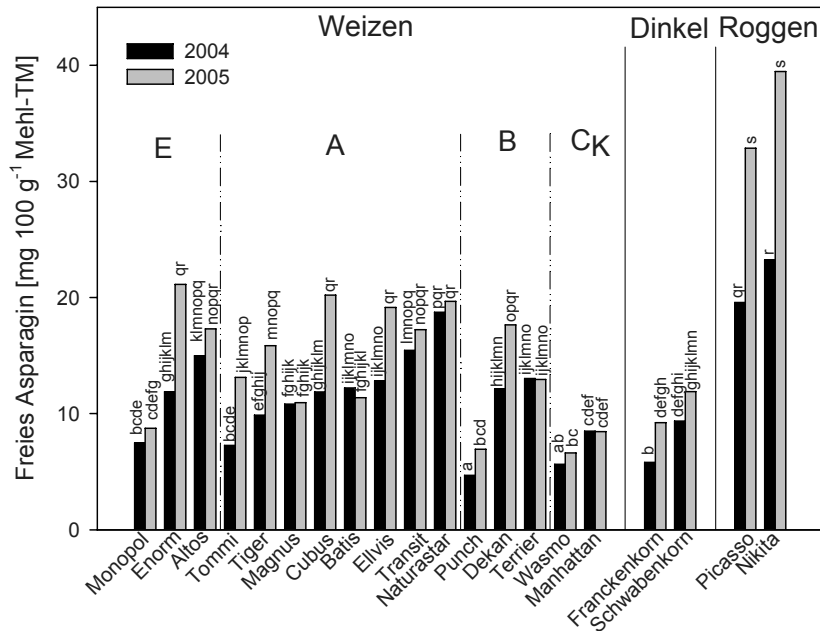


Abb. 2: Gehalt an freiem Asparagin in Weizen-, Dinkel- und Roggenmehlen in Abhängigkeit von der Sorte in den Jahren 2004 und 2005 (Sorten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander; $\alpha = 0,05$, Tukey-Test).

Neben einem Jahreseffekt war bei der Winterweizensorte Enorm ein deutlicher N-Düngungseffekt zu beobachten, der sich 2005 ab einer N-Menge von 140 kg und 2004 ab 180 kg N ha⁻¹ bemerkbar machte. Im Vergleich zur ungedüngten Kontrolle führten N-Mengen von 180 bis 220 kg N ha⁻¹ in 4 bis 5 Teilgaben in Abhängigkeit vom Jahr zu einem Anstieg des Asn-Gehaltes um bis zu 250 %. Es bestand eine enge nicht-lineare Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Gehalt an freiem Asn im Mehl (Abb. 3). Insbesondere N-Düngungsmaßnahmen, die zu Rohproteingehalten über 13 % im Mehl führten, bewirkten einen deutlichen Anstieg des Asn-Gehaltes. Vor diesem Hintergrund sind besonders Spätdüngungsmaßnahmen mit dem Ziel, einen hohen Rohproteingehalt abzusichern, als kritisch zu betrachten. Auch die verwendeten N-Dünger wirkten sich auf den Gehalt an freiem Asn im Mehl der Winterweizensorte Enorm aus (Abb 4). In beiden Jahren führte KAS, Harnstoff und die Kombination Gülle+KAS zu signifikant höheren Asn-Gehalten als HAS im CULTAN-Verfahren, AHL und Entec 26. Diejenigen N-Dünger, mit denen ein hoher Rohproteingehalt erreicht wurde, bewirkten eine deutliche Erhöhung des Gehaltes an freiem Asn im Mehl.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich die verschiedenen produktionstechnischen Maßnahmen der Arten- und Sortenwahl, der N-Düngung sowie der Wahl des N-Düngers als Möglichkeiten erwiesen, den Asn-Gehalt im Korn und damit das AA-Bildungspotenzial zu beeinflussen. Über die N-Düngung ist dies jedoch nur in eingeschränktem Rahmen möglich, wenn nicht Abstriche in der technologischen Qualität hingenommen werden.

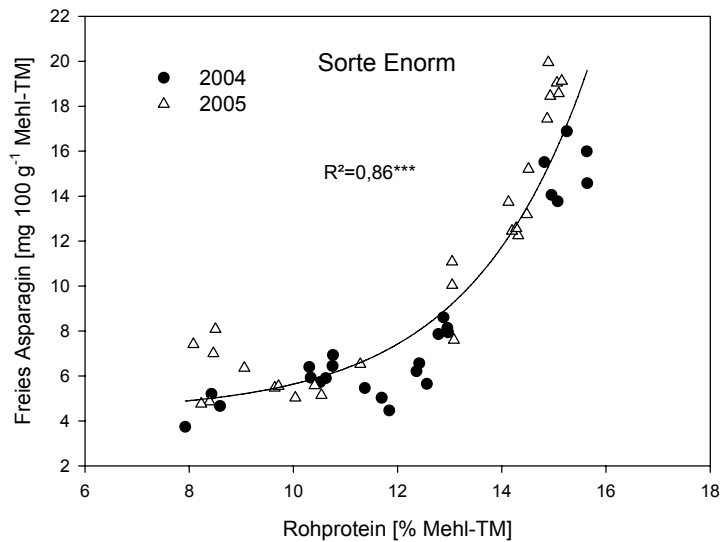


Abb. 3: Beziehung zwischen dem Rohproteingehalt und dem Gehalt an freiem Asparagin im Mehl der Weizensorte Enorm in den Jahren 2004 und 2005 ($p < 0,001$).

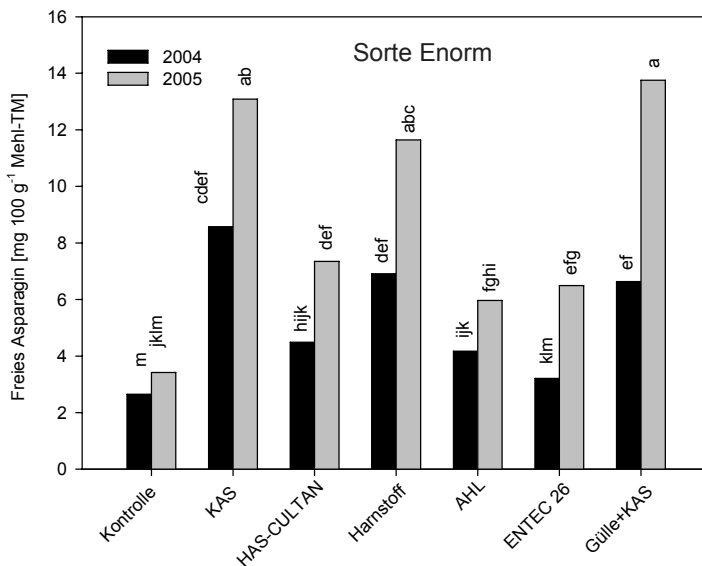


Abb 4: Gehalt an freiem Asparagin im Mehl der Weizensorte Enorm in Abhängigkeit vom N-Dünger in den Jahren 2004 und 2005 (Varianten mit gleichen Buchstaben unterscheiden sich nicht signifikant voneinander; $\alpha = 0,05$, Tukey-Test).

Vor allem in der geeigneten Sortenwahl wird ein gangbarer Weg gesehen, einen Beitrag zur Reduzierung der AA-Belastung in Backwaren bei gleichzeitiger Gewährleistung einer hohen Produktqualität leisten zu können, insbesondere in Kombination mit weiteren Reduktionsmaßnahmen entlang der Food-Chain Getreide.

Literatur

IARC. Acrylamide, In: Monographs on the Evaluation of Carcinogen Risk to Humans: Some Industrial Chemicals; International Agency for Research on Cancer; Lyon, France, 1994; Vol. 60, pp 389-433.
Weber, E.A., Koller, W.-D., Graeff, S., Hermann, W., Merkt, N., Claupein, W., 2008. Impact of nitrogen amount and timing on the potential of acrylamide formation in winter wheat (*Triticum aestivum* L.). *Field Crops Res.* 106, 44-52

Autorenverzeichnis

Abbott, A.....	269	Eickler, B.	325
Abele, A.....	39, 41	Einfeldt, C.	217
Ahlemeyer, J.....	166	Ellmer, F.	73, 99, 101
Alabsi, E.	301	Elsässer, M.	303, 305
Azizi, A.....	57, 103	Elsen, T. van.....	313, 315
Balkow, C.	233	Emeis, N.	289
Banhardt, A.....	291	Erbs, M.	15
Bauer, B.....	287	Ewald, A.	273
Becker, H. C.	235, 259	Farzaneh, M.....	319
Becker, K.	1	Feike, T.....	21
Beining, A.	37	Forchmann, K.	105
Belayneh, A.	207	Frankok, U.	27
Belkina, M.....	307	Freitag, N.....	211
Berendonk, C.....	91	Frese, L.	166, 237
Beschow, H.	49	Fricke, T.....	194, 309, 311
Beyer, E.-M.....	103	Friedt, W.....	207, 209, 243
Biewer, S.	309	Fulda, S.	239
Bockholt, R.	301	Gans, W.....	49
Böhm, H.....	31	Ganßmann, M.....	241
Börner, A.	159, 249, 257	Gaudchau, M.	93
Böttcher, U.....	67, 107	Germeier, C.	237
Braun, M.	3	Germeier, C. U.....	215
Braune, H.	17	Germeier, X. U.....	213
Brock, C.....	9	Gierus, M.	263
Budahn, H.....	257	Giesemann, A.	233
Bugdahl, B.	277	Gimplinger, D. M.....	225, 319
Buhre, C.	321	Götz, K.-P.....	45, 47
Buttlar, C. von.....	174	Goyert, C.	305
Chloupek, O.....	53, 83	Grabe, M.....	45, 47
Chouliaras, N.....	253, 255	Graeff, S.	39, 41, 63, 65, 85, 87, 89
Christen, O.11, 25, 29, 43, 97, 170, 289		Graeff-Hoenninger, S.....	21
Christen, Ol.....	27	Graeff-Hönninger, S.....	281
Claupein, W.19, 21, 39, 41, 59, 63, 65, 81, 85, 87, 281, 291		Graß, R.....	287, 311
Cleemput, S.....	235	Greif, P.	217
Czyz, H.	301	Gruber, S.	81, 291, 295
Danz, F.	49	Grundler, T.....	3
Deuker, A.....	337	Gruner, P.	73
Deumelandt.....	43	Gustmann, K.....	29
Diepenbrock, W.....	17	Güthler, W.....	313
Diethelm, M.	209	Haase, T.	315, 329
Dittmann, L.	91, 297, 301	Hahn, V.....	241
Dobos, G.	225	Hähnel, U.....	145
Dostal, V.	53, 83	Hammer, K.....	111
Dotzauer, M.....	5	Hamrit, S.....	243, 247
Eichler-Löbermann, B.....	69	Hart, L.....	209
		Harzer, N.	11
		Hegmann, E.....	89

Hermann, W.	39, 41, 59	Landjeva, S.	159
Herrmann, A.	67, 95, 263	Laser, H.	77, 307
Herrmann, M.	162	Lattanzi, F.	51
Herz, M.	217	Lehmeier, C.	51
Herzog, H.	45, 47	Leithold, G.	1, 9, 337
Heß, J.	315	Lelley, T.	128
Heuser, F.	174	Lèon, J.	166
Himstedt, M.	194	Leuschner, C.	313
Hinck, S.	289	Liedgens, M.	229
Hoberg, E.	271	Limbrunner, B.	61, 109
Hoffmann, C.	13, 23	Link, J.	19, 63, 65
Hoffmann, J.	201	Link, W.	231, 261
Hofmann, B.	25, 27, 29	Lohwasser, U.	159, 257
Hofmann, K.	217	Lorenz, N.	162
Höhne, C.	213	Lösche, M.	263
Holzapfel, J.	217	Maass, B. L.	265
Honermeier, B.	55, 57, 93, 103, 105	Mahmood, A.	93
Horakova, V.	53, 83	Maidl, F.-X.	61, 109
Horn, R.	239, 243, 247, 251, 269	Manderscheid, R.	15
Horneburg, B.	259	Märländer, B.	182
Hotze, C.	315	Marquard, R.	253, 255
Hrstkova, P.	53, 83	Marthe, F.	257
Hübner, W.	5	Mast, B.	85
Hülsbergen, K.-J.	197	Mattern, T.	307
Isselstein, J.	190, 317, 333	Mayus, M.	285
Jansen, G.	245	Meinel, A.	118
Jarosch, A.-M.	7, 35	Melchinger, A.-E.	153
Jung, R.	33	Menke, C.	283
Jürgens, H.-U.	245	Merbach, W.	49
Kage, H.	67, 107	Messmer, R.	211
Kalzendorf, C.	91	Meyer, S.	313
Kaul, H.-P.	225, 319	Miehe, A. K.	95
Kelm, C.	221	Mikolajewski, S.	209
Kern, J.	69	Möller, K.	337
Kesting, S.	333	Molnár, Z.	81
Kießling, D.	279	Möndel, A.	285
Klimek, S.	190	Mueller, K.	289
Kluge-Severin, S.	23	Mühling, K. H.	105
Kluth, C.	321	Müller, A.	273
Knörzer, H.	281	Müller, J.	17, 91
Koch, E.	162	Müller, K.-J.	162
Koch, H.-J.	37, 182	Nachtigall, M.	237
Köpke, U.	279, 293	Nagel, M.	159, 249
Körschens, M.	27	Neukam, D.	107
Kratzsch, G.	25	Neumann, A.	178
Krentz, G.	247	Neumann, E.	7
Krüger, H.	257	Neumann, T.	75
Kunert, A.	151, 223	Nozinski, E.	15
Kuschnerreit, S.	311	Ntadasios, A.	253
Kusterer, B.	243	Olbricht, K.	275

Oltmanns, M.	7, 35	Schumann, E.	275
Ordon, F.	145, 166, 207	Schuster, M.	271
Otte, A.	196	Schütze, W.	271
Otto, M.	315	Schweizer, G.	209, 217
Palma, J.	285	Scorza, R.	269
Paulsen, H. M.	69	Sensel, K.	99
Perbandt, D.	71	Seyring, M.	273
Pfenning, J.	21	Siebrecht, N.	197
Pillen, K.	227	Siekmann,	77
Pinheiro de Carvalho, M.	237	Sieling, K.	67
Pissors, M.	27	Simmering, D.	196
Polheim, F.	275	Spieß, H.	79, 162
Polreich, S.	265	Stamp, P.	211
Pringas, C.	182	Stampf, P.	229
Rauber, R.	33, 178, 277, 283	Stegmann, H.	239
Raupp, J.	7, 35	Steinmann, H.-H.	317
Reddemann, A.	251	Stinner, W.	337
Regan, K.	295	Stockmann, F.	85, 87, 89
Reger, B.	196	Stoll, P.	205
Reif, J. C.	153	Streda, T.	53, 83
Reinicke, F.	97	Strenner, M.	109
Reulein, J.	71	Stroh, G. H.	190
Richter, F.	71, 311	Struckmeyer, T.	257
Riehl, M.	209	Stülpnagel, R.	71, 174, 287
Rode, J.	166	Stumm, C.	293
Roitner-Schobesberger, B.	225	Tadesse, B.	57
Rose, A.	87	Tasiopoulos, D.	253, 255
Rudloff, E.	267	Taube, F.	67, 95, 263
Saal, B.	221	Techow, E.	91
Saele, V.	39	Tegou, A.	253, 255
Sajer, O.	269	Thies, C.	205
Sajid, A.	55	Thumm, U.	186
Salama, H.	263	Trumpp, S.	63
Schachschneider, R.	134	Tscharntke, T.	205
Schäfer, T.	105	Ulber, L.	317
Schäufele, R.	51	Ulrich, D.	257, 275
Schiemenz, K.	69	Vagelas, I.	253
Schittenhelm, S.	67, 75	Valluru, R.	19
Schmalenbach, I.	227	Varrelmann, M.	321
Schmid, H.	3	Wachendorf, M.	71, 174, 194, 287, 309, 311
Schmid, K.	5	Wagner, C.	209
Schmid, K. J.	156	Wagner, P.	29
Schmolke, M.	151, 223	Waldhardt, R.	196
Schneider, D.	229	Waldow, F.	79
Schneider, M.	29	Waßmuth, B.	205
Schneider, T.	41	Weber, E. A.	341
Schnyder, H.	51	Weber, W. E.	221
Schön, C.	151	Wehling, P.	267
Schön, C. C.	223	Weigel, H.-J.	15
Schönfeld-Bockholt, R.	297, 299		

Wenzel, G.....	151, 223	Wragge, V.....	73, 101
Wichmann, S.	319	Wulkau, S.	67
Wienforth, B.....	67	Yan, F.	57, 103
Wilhelm, C.	89	Zahn, M.	145
Witzke-Ehbrecht, S. von	231	Zeller, F. J.....	123
Wogiatzi-Kamwoukou, E.	253, 255	Zühlke, J.	21