

Trockentoleranz in Gerste - Ansätze zur Phänotypisierung Drought tolerance in barley - approaches for phenotyping

Henrik Schumann^{1*}, Anne Reinders¹, Alexandra Bothe¹, Melanie Herker¹, Stefan Paulus² und Jens Léon¹

Abstract

Objective of this study was to improve the selection efficiency for drought tolerant barley. In pot experiments, within foliar tunnels, genotypes were grown in micro crop stands of 12 plants. In three drought scenarios (no, 3 weeks before, 3 weeks after flowering) morphological, stress- and yield-physiological and yield parameters were evaluated. Questions were: Are the parameters able to detect drought stress during the vegetation period? Do they have a relation to yield reduction? Can they be determined with the non-invasive techniques Hyperspectral Imaging and Laser Scanning? As a result of first experiments we got significant relations between special plant stress parameters and the number of grains per ear (multiple regression $R^2=0.98$) and the grain yield ($R^2=0.96$). In the ongoing experiments the number of tested genotypes will be increased up to 24, 36 and 144 (for association mapping) for detecting genotype-specific reaction patterns to terminated drought. First significant correlation coefficients up to $r=-0.95$ between reflectance values at specific wavelengths within VISNIR-spectrum (380-900 nm) and plant parameters like SPAD, dry and water mass of the barley plants foretell the potential of the non-invasive Hyperspectral Imaging technique. The ability to get 10 morphological - traditional and also new - plant parameters with one scan from a highly precise 3D-laser scanning system and to detect drought stress already at the 4th day after withholding irrigation water foretells the potential also of this non-invasive 3D-laser scanning technique.

Keywords

Drought tolerance, *Hordeum vulgare*, hyperspectral imaging, phenotyping, 3D-laser scanning, yield

Zusammenfassung

Im Rahmen des prognostizierten Klimawandels werden neben längeren und trockeneren Sommern auch schnellere und intensivere Wechsel von kurzzeitigen Trocken- und sich anschließenden Vernässungsperioden vorausgesagt. Im Rahmen der Forschungsarbeiten zur züchterischen Verbesserung der Trockentoleranz von Sommergerste werden an der Professur für Pflanzenzüchtung der Universität Bonn diese Bedingungen in Gefäßversuchen in Folientunneln kontrolliert und beschreibbar nachvollzogen. Durch eine

dreiwöchige Verminderung der Bewässerungsgabe werden die Feuchtegehalte im Boden von der Feldkapazität bis zum permanenten Welkepunkt abgesenkt und anschliessend durch intensive Benässung wieder auf Kontrollniveau angehoben. Die zu untersuchenden Genotypen werden in Kleinstbeständen von 12 Pflanzen angebaut. Während der Vegetation werden diese intensiv auf morphologische, stress- und ertragsphysiologische Pflanzenparameter hin untersucht, um festzustellen, ob und welche dieser Parameter Trockenstress anzeigen. Am Ende der Vegetationsperiode werden mit Hilfe einer detaillierten Kornertragsanalyse die Auswirkungen der dreiwöchigen Trockenphasen vor und nach der Blüte auf die Ertragsbildung ermittelt. Die Quantifizierung der Beziehung zwischen den Trockenstress anzeigenden Pflanzenparametern und den Ertragswirkungen soll die Bedeutung einzelner Parameter für die Trockentoleranz von Gerste aufzeigen.

In ersten Experimenten konnte nach dreiwöchiger Trockenheit Trockenstress detektiert und in multiplen Regressionen signifikante Beziehungen von Sprosstrockenmasse, SPAD-Wert, grüner Blattfläche, Blattprolinegehalt, Wurzellänge, Sprosswassergehalt und Blattemperatur zur Kornzahl pro Ähre ($R^2=0,98$) und von Sprosstrockenmasse, Wurzellänge und Sprosswassergehalt zum Kornertrag ($R^2=0,96$) hergestellt werden. Die unzureichende genetische Variation des Gerstenmaterials erlaubte jedoch keine verallgemeinernden Aussagen bzw. Detektion genotypen-spezifischer Reaktionsmuster auf die zeitlich begrenzte Trockenheit.

Im Rahmen der angelaufenen Forschungsprojekte in den Verbänden „Phenomics, Transcriptomics und Genomics - ein integrativer Ansatz zur Effizienzsteigerung in der Selektion trockenstresstoleranter Gerste“ sowie „CROP.SENSE.net“ (<http://www.cropsense.uni-bonn.de>; Subproject GA2) werden jetzt variationsreichere Sommergerstensets mit 24 bis zu 144 Genotypen untersucht.

Ziel des Teilprojektes „Phenomics“ im ersten Forschungsverbund ist die Evaluierung von Pflanzenparametern für die merkmals- und markergestützte Selektion. In Gefäßversuchen werden die Pflanzenparameter unter kontrollierten Bedingungen hinsichtlich Trockenstressdetektionsfähigkeit und Ertragsrelevanz geprüft und an fünf Feldstandorten in Deutschland unter den natürlichen Bedingungen des Zuchtgartens verifiziert.

Ziel des Teilprojektes GA2 „Zerstörungsfreie Wachstumsanalyse“ im Forschungsverbund „CROP.SENSE.net“ ist die Ableitung von ertragsphysiologischen Wachstumsparametern

¹ Institut für Nutzpflanzenwissenschaften und Ressourcenschutz (INRES), Pflanzenzüchtung, Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-53115 BONN

² Institut für Geodäsie und Geoinformation (IGG), Geodäsie, Universität Bonn, Nussallee 17, D-53115 BONN

* Ansprechpartner: Henrik SCHUMANN, h.schumann@uni-bonn.de



tern aus den zerstörungsfrei arbeitenden Messverfahren des Hyperspectral Imaging und des Laser Scanning, um während der gesamten Vegetationsperiode fortlaufend eine große Anzahl von Genotypen hinsichtlich ihres Wachstumsverhaltens z.B. bezüglich Trockenstress differenzieren zu können.

Aus ersten Korrelationsrechnungen ergaben sich hohe signifikante Korrelationskoeffizienten zwischen Reflektanzen in bestimmten Wellenlängenbereichen des VISNIR-Spektrums (380-900 nm) und den Parametern SPAD-Wert ($r=-0.95$ bei 552-572 nm), Trockenmasse ($r=-0.85$ bei 568-585 nm) und der Wassermasse der Gerstenpflanzen ($r=-0.88$ bei 564-651 nm). Hiermit deutet sich das Potential des Hyperspectral Imaging als nicht-invasivem Messverfahren an.

Mit Hilfe eines hochpräzisen 3D-Lasermesssystems gelang es, aus 3D-Punktwolken von bis zu 420.000 Punkten mit einem Scan 10 morphologische Pflanzenparameter zu extrahieren. Traditionelle ertragsphysiologische Pflanzenparameter wie die Blattfläche und die Pflanzenhöhe konnten jetzt mit bedeutend höherer Genauigkeit und zerstörungsfrei ermittelt werden. Außerdem konnten neue in der Nutzpflanzenforschung bisher nicht genutzte Parameter wie das Volumen der Pflanzen berechnet werden. Bereits ab dem 4. Tag nach Wasservorenthalt gelang es, mit Hilfe solcher morphologischen Parameter Trockenstress zu detektieren

und das Potential auch dieser nicht-invasiven Messmethode aufzuzeigen.

Danksagung

Die Arbeiten werden finanziert durch die deutschen Bundesministerien für Ernährung, Landwirtschaft und Verbraucherschutz sowie für Bildung und Forschung.

Literatur

- CATTIVELLI L, RIZZA F, BADECK FW, MAZZUCOTELLI E, MASTRANGELO AM, FRANZIA E, MARÈ C, TONDELLI A, STANCA AM, 2008: Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crop Res* 105: 1-14.
- IZANLOO A, CONDON AG, LANGRIDGE P, TESTER M, SCHNURBUSCH T, 2008: Different mechanisms of adaptation to cyclic water stress in two South Australian bread wheat cultivars. *J Exp Bot* 59: 3327-3346.
- MUNNS R, JAMES RA, SIRAUULT XRR, FURBANK RT, JONES HG, 2010: New phenotyping methods for screening wheat and barley for beneficial responses to water deficit. *J Exp Bot* 61: 3499-3507.
- SCHUMANN H, REINDERS A, MOHAMED N, LÉON J, 2010: Detection of reaction types to drought stress in an international barley collection. In: Ceccarelli S, Grandi S (Eds.), *Proc 10th Int Barley Genet Symp*, 5-10 Apr 2008, Alexandria, Egypt, pp. 260-264. ICARDA, Aleppo, Syria.