

Untersuchungen zur genetischen Variabilität von Parametern im Zusammenhang mit Trockenstressresistenz bei Gerste

Investigations of the genetic variability of barley concerning resistance to drought stress

Gabriela Reichenberger¹, Birte Aschenbach¹, Günther Schweizer¹,
Chris-Carolin Schön², Urs Schmidhalter³ und Markus Herz^{1*}

Abstract

Aim of this study is to identify and validate methods to screen and select for resistance to drought stress in barley. For this purpose a collection of 78 spring barley accessions was tested for the variability of important parameters. A rain out shelter was used to simulate reproducible drought stress under almost natural conditions. In a second trial the barley genotypes were chemically treated to induce drought stress under the conditions of a breeder's nursery. A further exact simulation of weather conditions was performed in a climate chamber where a selection of three extreme genotypes was subjected to drought stress. The three approaches were compared in terms of parameters which are related to the reaction of plants to drought stress.

Keywords

Chemical desiccation, drought stress, *Hordeum vulgare*, molecular markers, rain-out-shelter

Einleitung

Im Zusammenhang mit der Resistenz gegen Trockenstress spielt bei der Sommergerste (*Hordeum vulgare* L.) aufgrund ihrer überwiegenden Verwendung als Braugerste nicht nur die Erhaltung des Ertrags eine große Rolle sondern insbesondere die Sicherung eines hohen Qualitätsniveaus. Trockenstress beeinflusst neben der Bestockung der Pflanzen auch die Kornausbildung (PASSIOURA 2004) und damit die Malzqualität. Die Grundlage für die Aufklärung des genetischen Hintergrundes von Stresstoleranz und deren züchterische Bearbeitung ist eine ausreichende genetische Variabilität. Verschiedene Ansätze zur Induktion von Trockenstress wurden genutzt um die Variabilität wichtiger Parameter unter Trockenbedingungen zu untersuchen.

Methoden und Ergebnisse

Rain-Out-Shelter

Das Rain-Out-Shelter ist ein Foliengewächshaus, das mobil auf Schienen gebaut wurde. So ist es möglich, Trockenstress

unter natürlichen Bedingungen reproduzierbar zu erzeugen. Als Standort des Hauses wurde ein Flurstück mit sehr guten Böden und hoher Wasserspeicherfähigkeit ausgewählt. Das Haus fährt sensorgesteuert bei Regen über den Bestand und schützt diesen vor Niederschlägen. Hangwasser wird mittels einer Drainage abgeleitet.

Der Versuch im Jahr 2009 bestand aus 78 Sommergerstensorten in drei Wiederholungen. Zusätzlich zum Rain-Out-Shelter wurde der Versuch an zwei weiteren Standorten als Kontrolle in zwei Wiederholungen angebaut. Während der Vegetationsperiode wurden verschiedene Parameter gemessen und bonitiert. Darunter wurden sensorische und thermische Messverfahren (SPAD-Meter, Oberflächentemperaturmessung) getestet und wichtige agronomische Parameter (Ährenschieben, Lager, Reife) bonitiert. Nach der Ernte wurden ertragsrelevante Daten und Qualitätsparameter wie der Proteingehalt und das ¹²C/¹³C-Verhältnis der Pflanzen ermittelt. Über dieses Verhältnis kann die Wassernutzungseffizienz (WUE) der Pflanzen bestimmt werden. Je mehr schweren Kohlenstoff die Pflanze aufnimmt, umso höher war der Trockenstress für die Pflanze.

Mit einem SPAD-Meter (Minolta SPAD 502) wurden an den Genotypen im Rain-Out-Shelter und den Kontrollen Messungen des Chlorophyllgehaltes durchgeführt (*Abbildung 1*). Während die Werte sich in dem Zeitraum von Ende Mai bis Anfang Juni kaum verändern, sinken die Werte Mitte Juli rapide ab. Das Chlorophyll in den Pflanzen wird abgebaut. Bei einem frühzeitigem Abbau von Chlorophyll unter Trockenstress ist das SPAD-Meter eine kostengünstige Selektionsmethode.

In *Abbildung 2* sind die Ertragsergebnisse, sowie der Proteingehalt der jeweiligen Sorte aufgetragen. Die Ergebnisse stammen aus dem Versuchsjahr 2009. Der Rohproteingehalt wurde durch Nahinfrarotspektroskopie gemessen. Zwischen den Sorten sind signifikante Unterschiede bezüglich des Ertrages und des Rohproteingehaltes zu erkennen. Die Ergebnisse zwischen Rain-Out-Shelter und Kontrolle unterschieden sich im Jahr 2009 nicht signifikant voneinander. Weitere Versuchsjahre werden Aufschluss über Jahrgangseffekte geben.

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, IPZ 2b/1b, Am Gereuth 8, D-85354 FREISING

² Lehrstuhl für Pflanzenzüchtung, Technische Universität München, Emil-Ramann-Straße 4, D-85350 FREISING

³ Lehrstuhl für Pflanzenernährung, Technische Universität München, Am Hochanger 2, D-85350 FREISING

* Ansprechpartner: Dr. Markus HERZ, markus.herz@lfl.bayern.de

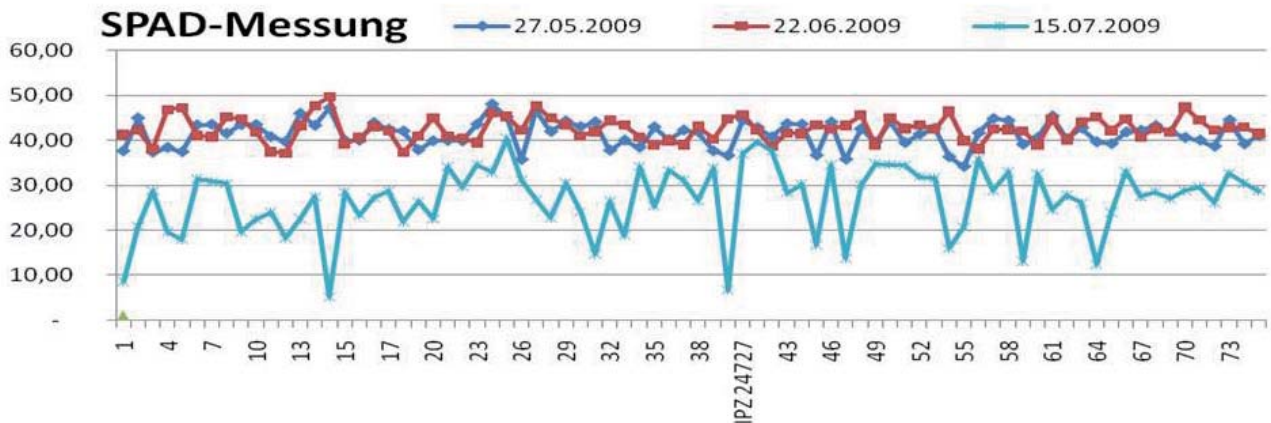


Abbildung 1: Ergebnisse der SPAD-Messung im Rain-Out-Shelter zu drei verschiedenen Zeitpunkten

Figure 1: SPAD measures from barley genotypes in the rain out shelter at three points of time

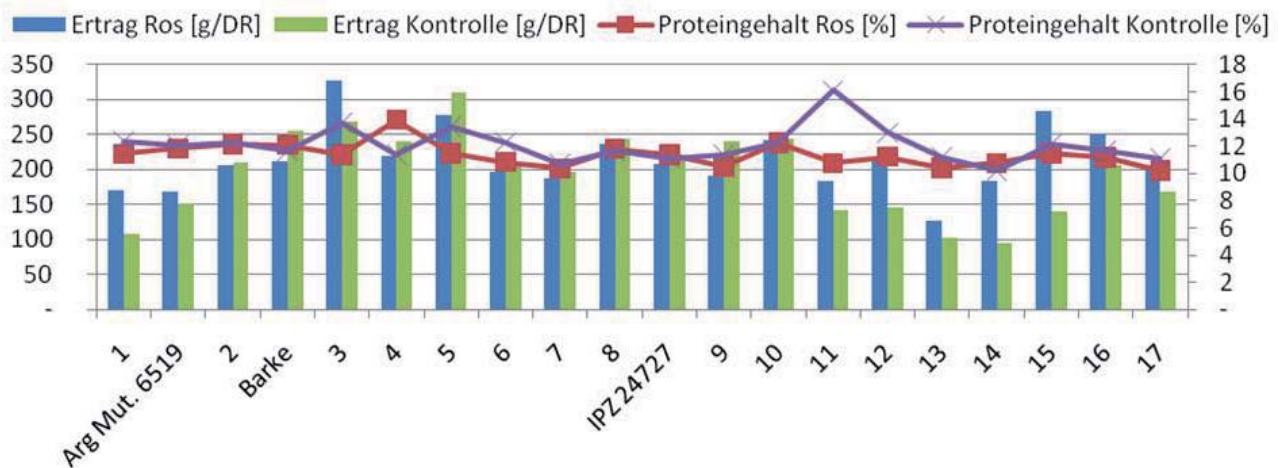


Abbildung 2: Ertrag und Proteingehalt ausgewählter Sorten im Rain-Out-Shelter (Ros) und der nicht gestressten Kontrolle

Figure 2: Grain yield and protein content of barley genotypes in the rain out shelter (Ros) and the control without stress

Eine genomweite Assoziationsstudie mit SNP-Markern soll Informationen über den genetischen Hintergrund der Stressresistenz liefern. Hierzu wurde das Gerstengenom mit 8-10 SNP-Markern pro Chromosom abgedeckt. Diese werden im Labor mittels eines Pyrosequenzers über alle 78 Sorten detektiert. Nach Abschluss des Projektes im Dezember 2011 sollen die gefundenen Polymorphismen in einer Assoziationsstudie mit den gesammelten phänotypischen Daten verrechnet werden um Trockenstress relevante Genorte zu identifizieren.

Chemical desiccation

In einem zweiten Versuch wurde eine Auswahl der Sorten chemisch behandelt, um auf diese Weise Trockenstress zu simulieren (REGAN et al. 1993). Die Pflanzen wurden nach dem Ährenschieben mit einer Kaliumjodidlösung besprüht, was zu Salzschäden und Nekrosen an den behandelten Pflanzenteilen führt (BLUM 1998). Dabei wird das Chlorophyll in den behandelten

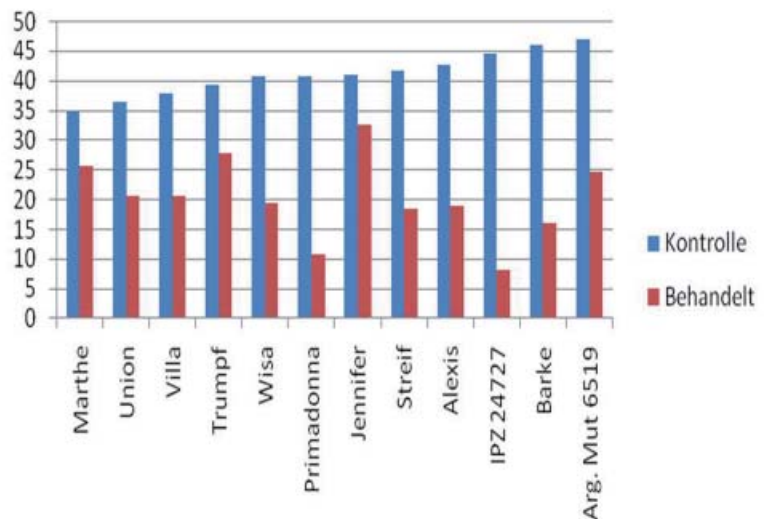


Abbildung 3: SPAD-Werte eines chemisch gestressten Versuches aus dem Jahr 2008

Figure 3: SPAD measures of the chemically treated trial 2008

Organen abgebaut, wodurch keine Photosynthese mehr betrieben werden kann.

Aus *Abbildung 3* ist ersichtlich, dass die SPAD-Werte der behandelten Variante zum selben Zeitpunkt deutlich niedriger wie die Werte der Kontrolle sind und innerhalb der Genotypen stärker variieren. Ziel dieser Untersuchung ist es, die Eignung der Methode für eine schnelle Selektion im Zuchtgarten zu prüfen.

Klimakammer

In einer Klimakammer wurden drei der Sommergersten unter den simulierten Witterungsbedingungen der Jahre 2004-2006 bis zur Abreife angebaut. Die Kontrollvariante wurde mit einer Variante unter kontrolliertem Trockenstress zum Zeitpunkt des Ährenschiebens verglichen. Die Auswirkungen der Trockenheit auf die Kornsortierung sind in *Abbildung 4* dargestellt. Ein Ziel des Versuches ist die Identifizierung von differentiell exprimierten Genen in Zusammenhang mit Trockenstress (HOFMANN et al. 2010). In Abhängigkeit vom Genotyp fällt die Reduzierung des TKG unter Trockenstress unterschiedlich aus.

Ausblick

Zusammenfassend kann gezeigt werden, dass alle drei Versuche eine signifikante Variabilität der Genotypen für stressrelevante Parameter zeigen. Die Simulation von Trockenstress mit verschiedenen Methoden führte zu ähnlichen Ergebnissen im Bezug auf die Messung von Ertragsparametern. Somit kann die *chemical desiccation* nach den ersten Ergebnissen als vielversprechende Selektionsmethode für den Zuchtgarten bezeichnet werden. Dies muss aber in folgenden Versuchen bestätigt werden. Weiters kann die genetische Variabilität der Genotypen für gezielte Kreuzungen zur Verbesserung der Stresstoleranz von Sommergerste genutzt werden. Zusätzlich zu den Versuchen im Rain-Out-Shelter, die 2010 und 2011 weitergeführt werden, soll die Korrelation der agronomischen Merkmale mit den Daten der Genexpressionsstudie Einblicke in die beteiligten Stoffwechselwege und die zu Grunde liegenden Gene liefern.

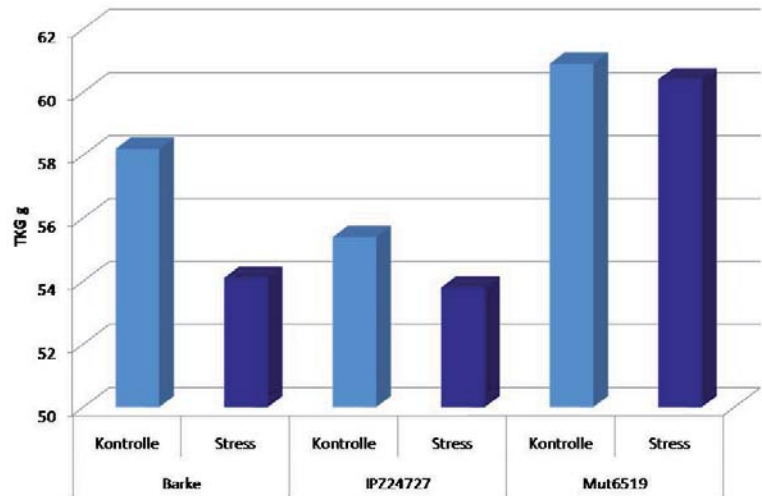


Abbildung 4: Tausendkorngewichte dreier Genotypen mit und ohne Trockenstress in der Klimakammer

Figure 4: Thousand grain weight of three barley genotypes grown in the climate chamber under and without drought stress

Danksagung

Dieses Projekt wird durch das Bayerische Staatsministerium für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten (Bay. StMELF) gefördert. Die Autoren danken den fleißigen Helfern und Helferinnen der Arbeitsgruppe IPZ2b.

Literatur

- PASSIOURA J, 2004: Increasing crop productivity when water is scarce - From breeding to field management. Proc 4th Int Crop Science Congress, New directions for a diverse planet, 26 Sep-1 Oct, Brisbane. The Regional Institute Ltd., Gosford, NSW, Australia [Available online: http://www.cropsscience.org.au/icsc2004/pdf/1018_passiourai.pdf].
- BLUM A, 1998: Improving grain filling under stress by stem reserve utilization. *Euphytica* 100, 77-83.
- HOFMANN K, Diethelm M, Markus Herz, Andreas Albert, Jana Barbro Winkler, Ernst D, Schmidhalter U, Wagner C, Thümmler F, Riano-Pachon D, Kleeßen S, Lohse M, Kersten B, Schweizer G, 2010: Klimastress-Toleranz in Gerste - Identifizierung assoziierter Gene durch umfassende quantitative Expressionsanalyse. Bericht der 60. Tagung 2009 der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, LFZ Raumberg-Gumpenstein, Irnding, 167-170.
- REGAN KL, WHAN BR, TURNER NC, 1993: Evaluation of chemical desiccation as a selection technique for drought resistance in a dryland wheat breeding program. *Aust J Agric Res* 44, 1683-1691.