

Anpassungsprozesse in der Frühentwicklung von Weizenpopulationen über 11 Generationen an das Anbausystem

Finckh, M.R.¹, Baresel, J.P.², Weedon, O.D.¹, Vijaya Bhaskar, A.V.¹

Keywords: Evolutionary breeding, early seedling vigour, diversity breeding, wheat composite cross

Abstract: Adaptive processes for early seedling vigour to growing system in wheat composite crosses over 11 generations

*Evolutionary breeding using composite cross populations (CCPs) produce genetically diverse populations that are flexible, adaptable and allow continuous buffering capacity against combined biotic and abiotic stresses. Early plant vigour is of major importance for organic systems to combat nutrient limitation and weed competition. Three winter wheat CCPs based on high yielding (Y) or high quality (Q) or the Y*Q intercross (YQ) were maintained in two repeated organically and conventionally managed populations each in > 150m² separate plots from the F₆ to the F₁₅ without conscious selection. The F₆, F₁₀, F₁₃, and F₁₅ populations were increased in the same field and the ensuing seeds tested for early seedling vigour in hydroponic conditions at 18/12°C day/night for 14 days. Seedlings of CCPs originating from the Q parents or the YQ intercross had higher vigour than those originating from the Y parents independent of farming system indicating clear genetic effects of the parents on the performance of the CCPs. The parallel populations followed in most cases very similar evolutionary trajectories suggesting that the observed changes are related to the effects of differing farming systems. In general, shoot length and weight increased from F_{6.1} to F_{15.1} in both systems. After four and nine years seminal root length was 6% and 15% higher in the organic in comparison to the conventional CCPs (P<0.05). CCPs exposed to organic systems over time produced longer, thicker and heavier main root systems. This may allow for better penetration ability to access deeper soil layers for nutrients in conditions of low nutrient supply.*

Einleitung und Zielsetzung

Ein wichtiger Ansatz um den Herausforderungen der Zukunft wie der immer größeren Witterungsextreme und des Auftretens von Schaderregern zu begegnen, ist die Nutzung biologischer Vielfalt. Hier gerät Züchtung für Vielfalt innerhalb von Arten oder auch für Artenmischungen immer mehr in den Fokus (Bačanović-Sišić et al., 2018). Die Resilienz gegenüber Stress innerhalb eines Anbaujahres kann durch Sorten- und Artenmischungen deutlich verbessert werden. Allerdings ist genetische Veränderung und Anpassung an spezifische Umweltbedingungen nur in evolvierenden Systemen möglich. In 2001 wurden in UK aus 20 Eltern Winter Weizen

¹ Universität Kassel, FB11, FG Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, D-37213, Witzenhausen, adnan_sisic@uni-kassel.de, <https://www.uni-kassel.de/go/fb11agrar>

²TU München Weihenstephan, Institut für Pflanzenernährung, D-85354 Freising

Composite Crosses (CCPs) hergestellt (Döring et al., 2015). Diese CCPs werden seit 2005 an der Universität Kassel ökologisch und konventionell nachgebaut, um Anpassungsprozesse an das Anbausystem zu erforschen.

Eine wichtige Anpassung an den ökologischen Anbau ist eine zügige Frühentwicklung und ein Wurzelsystem, das an organische Düngung angepasst ist. Erste Ergebnisse haben gezeigt, dass je nach ursprünglicher genetischer Zusammensetzung die CCPs sich bereits nach 5 Jahren unter ökologischem Management anders als unter konventionellem Management entwickelt hatten (Bertholdsson et al., 2016). Allerdings war Saatgut, das unter unterschiedlichen Wetterbedingungen angebaut worden war und mehr oder weniger lange eingefroren war verwendet worden. Ebenfalls hat sich inzwischen herausgestellt, dass ein extremes Kahlfrostergebnis im Februar 2012 die F_{11} massiv beeinflusst hat (Brumlop et al., 2017). Um Einflüsse der Lagerungszeit, Wetter und Feldbedingungen auf die Fitness auszuschließen, wurde Saatgut der F_6 , F_{10} (vor dem Frostergebnis), F_{11} (nach Frostergebnis) und der F_{15} ein Jahr gemeinsam nachgebaut und auf Unterschiede in der Frühentwicklung getestet. Es wurde der Frage nachgegangen, wie sich die Populationen über die Jahre verändert haben und ob es anbausystemspezifische Unterschiede gibt.

Methoden

Eine Halbdiakreuzung aus insgesamt 20 europäischen Winterweizensorten, die zwischen 1934 und 2000 registriert worden waren und sich als geeignet für den 'low input' gezeigt hatten, wurde 2001 hergestellt (Döring et al., 2015) und insgesamt drei Subpopulationen, eine CCP aus neun Hohertragseltern (CY), eine mit 12 Backqualitätselementen (CQ) und eine aus allen Eltern (CYQ) zusammengestellt. Saatgut der F_4 aller drei Populationen ging 2005 an die Universität Kassel und wird seither unter konventionellen und ökologischen Anbaubedingungen in jeweils zwei parallelen Populationen (insgesamt 2×3 CCPs * 2 Anbausysteme = 12) in $>150m^2$ Parzellen getrennt nachgebaut. Saatgut jeder Generation wird bei $-20^\circ C$ aufbewahrt. Für die Versuche wurden Generationen F_6 , F_{10} , F_{11} , F_{15} in einem Feld zu $F_{6,1}$, $F_{10,1}$, $F_{11,1}$, $F_{15,1}$ vermehrt.

Frisches Saatgut wurde im Hydrokultursystem wie bei Bertholdsson et al. (2016) beschrieben zwei Wochen bei $18/12^\circ C$ (Tag/Nacht) angebaut und die Wurzel- und Sproßlängen und Gewichte gemessen. Pro Hydrokulturcontainer wurden 14 Reihen à 12 Pflanzen in 2mM N Lösung mit Mikronährstoffen angebaut. Neben den 12 CCPs einer Generation wurden die Sorten Achat und Tobias als Referenz geführt. Alle 2-3 Tage wurden jeweils zwei Container angelegt, dies ergab bei 4 Generationen * 8 Wiederholungen 32 Container. Zur Standardisierung wurden die Daten jedes Containers relativ zum Mittelwert der beiden Referenzsorten umgerechnet. Ein lineares gemischtes Effektmodell in R, Version 3.2.2 und die lmer Funktion des lme4 package (Pinheiro et al., 2016) wurden verwendet. Fixe Effekte waren Generation, Anbausystem und Population; Wiederholung und Datum zufällig. Daten waren normal verteilt. P-Werte statistisch absicherbarer Interaktionen wurden per Posthoc Duncan Test ermittelt.

Ergebnisse

Die Saatgutvermehrung im selben Feld konnte außer für die $F_{11.1}$ Unterschiede im Korngewicht eliminieren (nicht gezeigt). Insgesamt verhielten sich die parallelen Populationen sehr ähnlich. Von der $F_{6.1}$ zur $F_{15.1}$ verlängerten sich die Seminalwurzeln unter ökologischen aber nicht unter konventionellen Bedingungen signifikant (Abb. 1a). Eine Ausnahme stellt die $F_{11.1}$ Generation dar, die in der F_{11} den Kahlfrost durchlitten hatte und unter beiden Anbaubedingungen deutlich kürzere Wurzeln produzierte als ein Jahr zuvor oder vier Jahre später. Anbausystem und genetischer Hintergrund der Populationen interagierten. So war die Seminalwurzellänge in den konventionell angebauten Y CCPs signifikant kürzer als in den ökologisch angebauten. Im Gegensatz dazu unterschieden sich die Q Populationen nicht, während sich die YQ Populationen unter ökologischen Bedingungen wie die Q CCPs verhielten, unter konventionellen Bedingungen aber eine Zwischenposition zwischen Y und Q einnahmen (Abb. 1b).

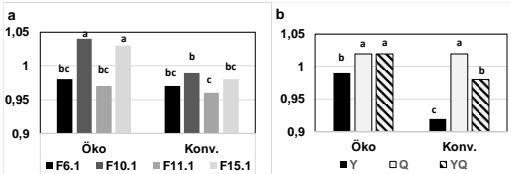


Abbildung 1: (a) Relative Seminalwurzellängen der Winterweizen CCPs in vier Generationen unter ökologischen oder konventionellen Anbaubedingungen. (b) Durchschnittlicher Einfluss des Anbausystems auf die Seminalwurzeln in Abhängigkeit der elterlichen Genetik der CCPs. Y: CCP aus 9 Hohertragse Eltern, Q CCP aus 12 Backqualitätse Eltern, YQ: Ertrag * Qualitätse Eltern durchkreuzt. Säulen, die mit unterschiedlichen Buchstaben bezeichnet sind unterscheiden sich statistisch absicherbar ($P < 0,05$, Duncan Posthoc Test) voneinander.

Insgesamt nahmen die Sproßlängen in allen Populationen leicht zu in den ersten vier Generationen und blieben danach gleich. Im Gegensatz zu den Wurzellängen reagierten die Sproßlängen nur wenig und leicht positiv auf den Frost. Genetische Unterschiede der Populationen waren systemunabhängig. Die Y CCPs waren signifikant kürzer als die Q und YQ CCPs, die sich nicht voneinander unterschieden (Daten nicht gezeigt).

Diskussion

Die Saatgutvermehrung im selben Feld konnte die Auswirkungen des Extremfrostereignisses auf die Frühentwicklung nicht eliminieren. Diese waren nur in den Wurzeln sichtbar, während die Sproßlängenunterschiede sich insgesamt wie in Feldversuchen darstellen (Brumlop et al., 2017). Wahrscheinlich wurden die Seminalwurzeln durch den Frost massiv geschädigt und somit hatten in diesem Jahr vornehmlich Pflanzen mit flacheren Wurzelsystemen überlebt. Vier Jahre später, in

Kommentiert [A1]: Das ist so geschrieben, nicht zu verstehen. Gemeint ist sicherlich ausselektiert. Oder?

Gelöscht: selektiert

der $F_{15.1}$ war dies nicht mehr sichtbar, ein Zeichen für die Resilienz der CCPs. Die kürzeren Seminalwurzeln der YCCPs, die von Hohertragsorten abstammen, deuten auf die Spezialisierung zur Nährstoffaufnahme aus weniger tiefen Wurzelschichten hin, die unter konventionellen Bedingungen verstärkt wurde.

Schlussfolgerungen

Insgesamt wurden die Ergebnisse von Bertholdsson et al. (2016) bestätigt. Die CCPs zeigen auch nach 15 Generationen konsistent ihre ursprünglichen genetischen Unterschiede. Der Nachbau in großen Parzellen kann die genetische Breite der CCPs auch durch einmaligen Extremereignisse grundsätzlich erhalten.

Danksagung

Diese Arbeiten wurden im Rahmen der Forschungsprojekte INSUSFAR (BMBF FKZ: 031A350C) und EU H2020 Projekt Nr. 727217 ReMIX gefördert.

Literatur

- Baćanović-Šišić, J., Dennemoser, D., and Finckh, M. R. (2018). "Symposium on Breeding for Diversification. A Joint Meeting of the EUCARPIA Section, Organic and Low-Input Agriculture, ECO-PB, LIVESEED, INSUSFAR, DIVERSify, HealthyMinorCereals, ReMIX, and Wheatmix University of Kassel, 19th–21st February 2018, Witzenhausen, Germany," Kassel University Press.
- Bertholdsson, N. O., Weedon, O., Brumlop, S., and Finckh, M. R. (2016). Evolutionary changes of weed competitive traits in winter wheat composite cross populations in organic and conventional farming systems. *European Journal of Agronomy* **79**, 23-30.
- Brumlop, S., Pfeiffer, T., and Finckh, M. R. (2017). Evolutionary Effects on Morphology and Agronomic Performance of Three Winter Wheat Composite Cross Populations Maintained for Six Years under Organic and Conventional Conditions. *Organic Farming* **3**, 34-50.
- Döring, T. F., Annicchiarico, P., Clarke, S., Haigh, Z., Jones, H. E., Pearce, H., Snape, J., Zhang, J., and Wolfe, M. S. (2015). Comparative analysis of performance and stability among composite cross populations, variety mixtures and pure lines of winter wheat in organic and conventional cropping systems. *Field Crops Research* **183**, 235-245.
- Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D., and Heisterkamp, S. (2016) EISPACK authors, R-core Package "nlme": Linear and nonlinear mixed effects models. URL <https://cran.r-project.org/web/packages/nlme/index.html> [accessed on 02 July 2018].