

Das agronomische Potential von Winterweizen Evolutionsrassen in verschiedenen Anbausystemen

Weedon, O.D.¹ & Finckh, M.R.¹

Keywords: Composite Cross Populationen, Klimawandel, Ertragsstabilität, low-input Anbausysteme

Abstract: Mainly within organic and low-input cropping systems, evolutionary breeding based on the creation of heterogeneous evolving composite cross populations (CCPs) has been gaining attention. Since 2005, a number of winter wheat CCPs and pure line varieties have been grown under both organic and conventional conditions at the University of Kassel, Witzenhausen. Various agronomic parameters have been recorded over 11 generations and using yield data, a number of stability measurements were applied to compare CCPs to pure line varieties under differing management systems. Results indicate that CCPs with a wider genetic base achieved both better yields and stability in comparison to the other CCPs and pure line varieties under organic management, supporting the premise that increased genetic diversity may help to buffer environmental stresses, particularly under challenging conditions. Results from a number of experiments demonstrate the potential of CCPs, not only in terms of yield and yield stability, but also as an alternative option to pure line varieties for baking quality.

Einleitung und Zielsetzung

Unvorhersehbare und zunehmend unsichere klimatische Bedingungen werden nicht nur abiotische (Hitze, Trockenheit) sondern auch biotische Stressfaktoren (unberechenbares und zunehmendes Auftreten von Pathogenen und Schädlingen) auf die Kulturpflanzen erhöhen. Externe Inputs alleine können diese Probleme nicht entschärfen. Zukünftige landwirtschaftliche Systeme müssen deutlich flexibler auf Stress reagieren können. Vor allem innerhalb ökologischer low-input Anbausysteme hat die Züchtung von Evolutionsrassen, die auf der Herstellung heterogener, evolvierender Composite Cross Populationen (CCPs) basiert, zunehmende Aufmerksamkeit geweckt. Die Vorteile solcher genetisch vielfältiger Populationen umfassen u.a. flexiblere Reaktionen auf Stressfaktoren, die Möglichkeit zum dynamischen Erhalt genetischer Ressourcen, erhöhte intra-spezifische Diversität und die Fähigkeit, sich an spezifische Umwelten und Anbausysteme anzupassen (Döring et al. 2011; Goldringer et al. 2001).

Bisher wird das Potenzial heterogener Pflanzenpopulationen wie CCPs nicht voll ausgeschöpft, da vor allem Finanzierung, Vermarktung und Verarbeitung solcher Populationen eine Herausforderung bleiben. Das agronomische Potential und die

¹ Universität Kassel, Fachgebiet Ökologischer Pflanzenschutz, Nordbahnhofstr. 1a, 37213, Witzenhausen, Deutschland, odetteweeton@uni-kassel.de, www.uni-kassel.de/fb11agr/fachgebiete-einrichtungen/oekologischer-pflanzenschutz

Ertragsstabilität von Winterweizen-CCPs im Vergleich mit Liniensorten wurde über 11 Jahre in unterschiedlichen Anbausystemen verglichen. Zudem wird eine Einschätzung vorgenommen, ob Evolutionsramsche einen geeigneten alternativen Züchtungsansatz für ökologische und low-input Anbausysteme bieten können.

Methoden

Im Jahr 2001 wurden in England drei Winterweizen-CCPs erstellt, die auf Elternlinien zurückgehen, die entweder aufgrund hohen Ertrags oder aufgrund ihrer guten Backqualität ausgewählt worden waren. Die Backqualitäts-CCP (CCQ) wurde durch eine Kreuzung von 12 Elternsorten mit guter Backqualität erstellt, die Ertrags-CCP (CCY) durch eine Kreuzung von 9 Elternsorten mit hohem Ertragspotenzial. Die dritte Population (CCYQ) wurde durch die Kreuzung der Qualitätssorten mit den Hohertragssorten erstellt (Brumlop et al. 2017). Seit 2005/06 (F_5) werden die drei CCPs im Versuchsbetrieb Neu-Eichenberg angebaut. Jede der drei Populationen wurde geteilt und sowohl unter ökologischen (O) als auch unter konventionellen (C) Anbaubedingungen angebaut. Seit der (F_6) (2006/07) wurde jede CCP innerhalb der beiden Anbausysteme in zwei parallele Populationen aufgeteilt (I und II) (insgesamt 12 CCPs), um evolutionäre Veränderungen der CCPs innerhalb und zwischen Anbausystemen erfassen und evaluieren zu können. Die Liniensorten Capo (beide Systeme) und Achat (nur Öko) wurden neben den Populationen während acht (öko) bzw. sechs (konventionell) Jahren zum Vergleich angebaut und die Ertragsstabilitäten ermittelt.

Die Auswertung der Ertragsstabilität umfasst den mittleren Kornertrag, den Regressionskoeffizienten (b_i), die Umweltvarianz (EV_i), einen Index der Ertragszuverlässigkeit (I_i), Ertragsüberlegenheitsindex (superiority index) (P_i) (Lin & Binns, 1988) und Wrickes Ökovalenz (W^2).

Ergebnisse und Diskussion

Unter ökologischen Anbaubedingungen variierten die Erträge über acht Versuchsjahre hinweg von maximal 5.3 t/ha (Achat) bis minimal 4.7 t/ha (OQI). Mit Ausnahme der ertragsschwachen Qualitäts-CCP OQI erreichten alle ökologisch angebauten CCPs Erträge, die mit denen der Referenzsorten Achat und Capo vergleichbar waren (Tabelle 1). Die Erträge unter konventionellen Anbaubedingungen (sechs Jahre) reichten im Vergleich dazu von maximal 5.7 t/ha bei der Sorte Capo bis minimal 4.7 t/ha bei der CCP CQII. Die Erträge aller konventionell angebauten CCPs lagen statistisch signifikant unter dem Ertrag der Liniensorte Capo. Die niedrigsten Erträge erzielten die CCPs CQI (4.8 t/ha), CQII (4.7 t/ha) und CYI (4.8 t/ha).

Für einige agronomische Eigenschaften konnten signifikante Interaktionseffekte zwischen den CCPs und dem Versuchsjahr festgestellt werden, was einen Hinweis auf die Plastizität der CCPs in Bezug auf sich ändernde Umweltbedingungen gibt und ihre Fähigkeit zur Reaktion auf und Anpassung an bestimmte Bedingungen unterstreicht. Der genetische Hintergrund der CCPs, der durch die Auswahl der

Elternsorten geben ist, beeinflusste den Ertrag. Insgesamt waren die Erträge der YQ CCPs, die die Genetik aller Eltern in sich trugen am höchsten und die Erträge der Qualitätspopulationen am niedrigsten (Tabelle 1).

Unter ökologischen Bedingungen, zeigten die YQ CCPs höhere Ertragsstabilität im Vergleich mit den anderen CCPs. Vor allem die OYQII CCP war für die meisten Indices ertragsstabiler als die Liniensorten Achat und Capo (Tabelle 1). Dies stützt die Annahme, dass hohe genetische Diversität dazu beitragen kann, Umweltstress - besonders unter schwierigen Bedingungen - abzuf puffern. Insgesamt zeigten die konventionellen Y-CCPs die stärksten Differenzen hinsichtlich Ertrags- und Stabilitätsindices, was auf eine divergierende Evolution sowohl für Ertrag als auch für Ertragsstabilität zwischen den parallelen Populationen unter konventionellen Anbaubedingungen hindeutet. Im Vergleich dazu hatten konventionell gemanagte CCPs für mehrere Parameter eine geringere Ertragsstabilität als die Liniensorte Capo. Diese Ergebnisse sind bestätigen Ergebnisse mit Gersten CCPs die unter ökologischen Bedingungen bessere Kornerträge und Ertragsstabilität vorwiesen im Vergleich mit mehreren selektierten Linien (Raggi et al. 2017).

Tabelle 1: Kornertrag (t/ha) und Stabilitätsindices der Referenzsorten und CCPs im ökologischen Anbau. Stabilitätsparameter sind: Regressionskoeffizienten b_i ; Umweltvarianz EV_i ; Index der Ertragszuverlässigkeit (l_i), Ertragsüberlegenheitsindex (superiority index) (P_i) und Wricques Ökovalenz (W^2).

Herkünfte	Mittlere Ertrag (t/ha)	SD	b_i	EV_i	W^2	P_i	l_i
Achat	5.27 A*	1.50	1.04	2.23	1.58	142.58	4.28
Capo	5.21 A	1.38	0.90	1.80	1.34	245.40	4.27
OQI	4.71 B	1.39	0.93	1.81	0.86	479.11	3.86
OQII	4.94 AB	1.48	0.94	2.01	0.79	397.26	3.98
OYI	4.93 AB	1.39	0.94	1.81	0.82	372.92	4.07
OYII	5.15 A	1.48	0.92	2.20	1.31	159.76	4.28
OYQI	5.15 A	1.46	0.95	2.10	0.70	244.48	4.19
OYQII	5.18 A	1.47	0.98	2.07	0.32	119.46	4.29

*Unterschiedliche Großbuchstaben zeigen signifikante Unterschiede zwischen den Weizenversuchsgliedern (ANOVA + Tukey Korrektur). Die besten Stabilitätswerte der Weizenversuchsglieder/Index sind fett markiert. Die Bezeichnung der CCPs beinhaltet als ersten Buchstaben O=ökologischer Anbau, Q (Qualität) und Y (Ertrag) stehen für die Eltern, die gekreuzt wurden, I, und II sind die parallelen CCPs innerhalb des Anbausystems.

In weiteren Experimenten wurden mehrere YQ Populationen fünf Jahre wechselnden Umweltbedingungen ausgesetzt. Diese blieben für mehrere wichtige, agronomische Merkmale wie Ertrag ähnlich; allerdings ließen sich Differenzierungen für morphologische Eigenschaften wie Stärke der Begrannung und Kornfarbe feststellen, was auf eine Differenzierung der CCPs innerhalb des relativ kurzen

Zeitraums von fünf Generationen hindeutet (Weedon et al., 2016). Im Exaktversuch waren die CCPs hinsichtlich einiger Backqualitätsparameter und in ihrer agronomischen Performance mit Liniensorten vergleichbar (Brumlop et al., 2017). Diese Ergebnisse zeigen das Potential der CCPs nicht nur im Hinblick auf Ertrag und Ertragsstabilität, sondern auch als Alternative zu Liniensorten mit hoher Backqualität.

Schlussfolgerungen

Trotz der vielversprechenden Ergebnisse der CCPs sollte das Konzept der Evolutionsramsche nicht als ein statisches Werkzeug zur Lösung aller Probleme verstanden werden. Die Anpassung von CCPs an bestimmte Umwelten könnte durch die Beimischung oder Einkreuzung neuerer Sorten oder Elitelinien in die genetisch vielfältigen Populationen verbessert werden. Damit kann auch der Züchtungsfortschritt mit einbezogen werden. Das dynamische Management genetischer Ressourcen, durch die Exposition genetisch vielfältiger Populationen unter unterschiedlichen Umwelt- und Selektionsbedingungen stellt eine gute zusätzliche Möglichkeit dar, die genetische Diversität landwirtschaftlicher Kulturarten zu erhalten und weiter zu entwickeln.

Danksagung

Das INSUSFAR Projekt wird durch das BMBF im Rahmen der Initiative Innovative Pflanzenzucht im Anbausystem (IPAS) gefördert.

Literatur

- Brumlop, S, Pfeiffer, T, & Finckh, MR (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(1), 34–50.
- Döring, TF, Knapp, S, Kovacs, G, Murphy, K, & Wolfe, MS (2011). Evolutionary plant breeding in cereals-into a new era. *Sustainability*, 3(10), 1944–1971.
- Goldringer, I, Enjalbert, J, David, J, Paillard, S, Pham, J, & Brabant, P (2001). Dynamic management of genetic resources: a 13-year experiment on wheat. In H. Cooper, C. Spillane, & T. Hodgkin (Eds.), *Broadening the Genetic Base of Crop Production* (pp. 245–260). Wallingford, Oxon: CABI.
- Lin, CS, & Binns, MR (1988). A superiority measure of cultivar performance for cultivar × location data. *Canadian Journal of Plant Science*, 68(1), 193–198.
- Raggi, L, Ciancaleoni, S, Torricelli, R, Terzi, V, Ceccarelli, S, & Negri, V (2017). Evolutionary breeding for sustainable agriculture: Selection and multi-environmental evaluation of barley populations and lines. *Field Crops Research*, 204, 76–88.
- Weedon, OD, Brumlop, S, Heinrich, S, Böning, A, Elsner, M, Finckh, MR, Wolfe, MS (2016). Agronomic performance of two generations (F12 and F13) of thirteen winter wheat composite cross populations with differing cultivation histories in 2014/15. In *EUCARPIA Conference Proceedings*. Zürich, Switzerland.