

Sorte x Umwelt-Interaktionen von Winterweizen im biologischen Landbau

Cultivar x site interaction of winter wheat under diverse organic farming conditions

Isabell Hildermann^{1*}, Monika Messmer¹, Peter Kunz², Anjana Pregitzer²,
Thomas Boller³, Andres Wiemken³ und Paul Mäder¹

Abstract

The possibilities to balance environmental conditions in organic farming systems are strongly restricted as the input of nutrients is limited and no soluble fertilisers and synthetic pesticides are used. These systems require cultivars that are able to adapt to stressful, less controlled and therefore highly variable environments. This study sums up the results of winter wheat cultivars tested under marginal and fertile soil conditions on organic farms in Switzerland. Three were derived from organic, three from conventional breeding programs and two old cultivars. Across three marginal sites, there was a slight trend towards higher yields of the organically bred cultivars. This difference was statistically significant at the lowest yielding site. However, no such trend could be observed at two fertile sites and across all five sites. Cultivars suitable for organic farming should achieve high yields but moreover high baking quality and a high nutrient use efficiency, which was in that study achieved by the organically bred cultivar Scaro.

Keywords

Baking quality, breeding for organic farming, nutrient use efficiency, *Triticum aestivum*, yield

Einleitung

Winterweizensorten mit Eignung für den Biolandbau müssen an sehr variable Umweltbedingungen angepasst sein. Möglichkeiten, diese Bedingungen in biologischen Anbausystemen zu kontrollieren, sind stark begrenzt, da die Nährstoffzufuhr limitiert ist und keine chemisch-synthetischen Pflanzenschutzmittel und leichtlösliche mineralische Dünger eingesetzt werden. Die Zuchtziele für den Biolandbau weichen teilweise deutlich von den Zielen für den konventionellen Anbau ab. Von besonderer Bedeutung im Biolandbau sind Bestockungsvermögen, Regenerationsfähigkeit nach mechanischer Unkrautbekämpfung, rasche Nährstoffaufnahme, Unkrautunterdrückungsvermögen, Pflanzenhöhe und Resistenz oder mindestens Toleranz gegenüber Blatt- vor allem aber Ährenkrankheiten. Ein gut

ausgebildetes Wurzelsystem kann zur Nährstoffaufnahme ebenso beitragen wie eine funktionierende Symbiose mit Mikroorganismen, z.B. arbuskulärer Mykorrhiza. Nährstoffe müssen effizient aus Stängel und Blättern ins Korn verlagert werden. Die Ertragsstabilität wird oftmals stärker gewichtet als der absolute Korntrag. Hohe Anforderungen werden an die Verarbeitungsqualität, daneben aber auch an die sensorische und ernährungsphysiologische Qualität gestellt (KUNZ et al. 2006, LÖSCHENBERGER et al. 2008). Im DOK-Langzeitversuch in Therwil wurden 2007 zehn biologisch und konventionell gezüchtete Winterweizensorten in zwei bio-dynamischen und einem konventionellen System angebaut. Um ein breiteres Spektrum an Umweltbedingungen im Biolandbau abzudecken und die Sorten auf Praxisbetrieben zu testen, wurden 2008 acht der zehn Sorten auf drei bio-dynamischen Betrieben in der Schweiz angebaut. Im Vergleich zum DOK-Versuch, einem Lössstandort, waren dies sandige bis sandig-lehmige Böden und deutlich nährstoffärmer. In beiden Studien wurden Ertragskomponenten und Backqualitätsparameter untersucht und Nährstoffeffizienzen berechnet. In diesem Beitrag werden ausgewählte Ergebnisse der Versuche auf Praxisbetrieben sowie ein Vergleich aller fünf Prüfumwelten vorgestellt.

Material und Methoden

Acht Winterweizensorten, je drei aus biologischer und konventioneller Züchtung und zwei alte Sorten (*Tabelle 1*) wurden 2008 auf drei bio-dynamischen Betrieben in Rheinau (SH), Fehraltorf (ZH) und Vielbringen-Worb (BE) getestet (*Tabelle 2*).

Bodenbearbeitung, Fruchtfolge und Düngung wurden auf den jeweiligen Betrieben praxisüblich durchgeführt. SH wurde mit insgesamt 54 kg N_{verfügbar} unterteilt in zwei Gaben Harngülle gedüngt, BE und ZH erhielten keine Düngung. Zusätzlicher Versuchsfaktor war der Vergleich von biologischem und konventionellem vermehrtem Saatgut, der hier aber nicht behandelt wird. Die Versuche waren als randomisierte Blockanlage mit vier Feldwiederholungen aufgebaut. Aus dem Versuchsdesign ergaben sich 64 Parzellen je Standort. Die Anordnung der Sorten wurde

¹ Forschungsinstitut für biologischen Landbau (FiBL), Ackerstrasse, CH-5070 FRICK

² Getreidezüchtung Peter Kunz, Hof Breiten 5, CH-8634 HOMBRECHTIKON

³ Botanisches Institut, Universität Basel, Sektion Pflanzenphysiologie, Hebelstraße 1, CH-4056 BASEL

* Ansprechpartner: Isabell HILDERMANN, isabell.hildermann@fibl.org

Tabelle 1: Getestete Winterweizensorten mit Herkunft, Züchter, Land und Jahr der Zulassung
Table 1: Tested winter wheat varieties, their origin (donor, breeder, country) and year of release

Sorte	Donor / Züchter	Land	Zulassung
Alte Sorten			
Mont Calme 245	National Genbank Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), 1260 Nyon 1	CH	1928
Probus	National Genbank Agroscope Changins-Wädenswil (ACW), 1260 Nyon 1 Agroscope Reckenholz-Tänikon (ART), 8046 Zürich	CH	1948
Aus biologischer Züchtung			
Scaro	Sativa Rheinau AG, 8462 Rheinau Getreidezüchtung Peter Kunz, 8634 Hombrechtikon	CH	2006
Sandomir	Getreidezüchtung Karl-Josef Müller, 29490 Neu Darchau	DE	2009
Composite Cross Population (CCP)	The Organic Research Center, Elm Farm, Hamstead Marshall, Newbury, Berkshire RG20 0HR	UK	Not registered
Aus konventioneller Züchtung			
Titlis	Delley Seeds and Plants, 1567 Delley Agroscope Changins-Wädenswil, 1260 Nyon 1	CH	1996
Antonius	Delley Seeds and Plants, 1567 Delley Saatzucht Donau GesmbH & CoKG, 2301 Probstdorf	AT	2003
Caphorn	Delley Seeds and Plants, 1567 Delley Monsanto UK Ltd., Cambridge, UK	FR	2001

Tabelle 2: Standorteigenschaften der fünf Prüfumwelten

Table 2: Characterization of the five test environments (pre-crop, average annual temperature, average annual precipitation, soil type, clay, coarse clay, etc.)

Standort	Vorfrucht	Temperatur (°C)	Niederschlag (mm)	Bodenart	Ton (%)	Schluff (%)	C _{org} (%)	pH (H ₂ O)	N _{min} ¹ (kg ha ⁻¹)	P ² (mg kg ⁻¹)	K ² (mg kg ⁻¹)
BE	Kartoffeln	7.9	1200	Sandiger Lehm	18.4	27.0	1.6	5.0	13.1	21.9	117.3
SH	Luzerne	8.5	700	Sand mit hohem Kieselanteil	13.6	19.0	1.3	6.0	2.3	89.3	157.5
ZH	Kleegrass	8.5	1300	Sandiger Lehm	25.7	33.0	2.1	6.0	17.0	32.2	160.4
BIODYN 1	Mais	9.5	785	Loess	16.0	72.0	1.2	6.1	12.9	8.7	48.3
BIODYN 2	Mais	9.5	785	Loess	16.0	72.0	1.4	6.4	16.1	13.0	68.8

¹ N_{min} = NO₃ - N + NH₄ - N

² DL-Extrakt

in jeder Feldwiederholung neu randomisiert. Das Saatgut stammte aus einem bio-dynamischen (BIODYN 2) und einem konventionellen (CONMIN) Verfahren des DOK-Langzeitversuches. Saatstärke war 400 keimfähige Körner m⁻². Da leichter Stinkbrandbefall (*Tilletia caries*) vorlag, wurde das Saatgut mit Tillecur (84.5% Senfpulver) behandelt. Stickstoff (N) im Stroh und im Korn wurde mittels CHN-Analyse bestimmt (Leco CHN 100, LECO Instrumente GmbH, Mönchengladbach). Die Stickstoffnutzungseffizienz (NUE) wurde nach folgender Formel berechnet:

$$NUE = \frac{\text{Kornertrag (TS)}}{N_{\text{Aufnahme total}}}$$

Varianzanalysen (ANOVA) und Korrelationen wurden mit dem Softwareprogramm JMP 5.0.1. (SAS Institute Inc., Cary, NC) durchgeführt. Die Normalverteilung der Daten wurde mit dem Shapiro-Wilk-Test getestet. Das Modell umfasste die Faktoren Sorte, Standort, Saatgutherkunft und Feldwiederholung und die Wechselwirkung Sorte x Standort und ein weiteres Modell die Faktoren Züchtungskategorie, Standort und die Wechselwirkung Züchtungskategorie x Standort. Um Mittelwerte zu vergleichen, wurde für signifikante Modelleffekte (P<0.05) ein Tukey-Kramer post hoc Test durchgeführt. Für jeden Parameter wurde die ANOVA zuerst für alle drei Standorte zusammen, anschließend für jeden Standort separat berechnet. Korrelationen wurden mit

dem Spearman Rang-Koeffizienten ermittelt. Der Vergleich der Ergebnisse der Praxisversuche mit den Ergebnissen aus den bio-dynamischen Verfahren (BIODYN 1 und BIODYN 2) im DOK-Versuch wurde mit der Software PLABSTAT durchgeführt (UTZ 2005). Für ausgewählte Parameter wurde zusätzlich zur ANOVA die Stabilität dieses Parameters über alle Prüfumwelten entsprechend der Ökivalenz nach WRICKE (1962) berechnet.

Ergebnisse und Diskussion

Kornertrag und Gluten Index

Standorte und Sorten hatten einen signifikanten Effekt auf den Kornertrag. Außerdem traten signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorte und Standort auf. Über alle Sorten gemittelt war der Ertrag am ungedüngten Standort BE mit 2.2 t ha⁻¹ am niedrigsten, in SH und ZH lag der Kornertrag bei 2.6 und 2.8 t ha⁻¹. In SH und ZH konnte durch die zuvor angebauten Leguminosen Stickstoff nachgeliefert und dadurch eine Ertragssteigerung ermöglicht werden. Trotz der Güllendüngung in SH waren die Erträge in ZH höher, da dies der etwas fruchtbarere Standort ist. Der C_{org}-Gehalt ist hier signifikant höher als am sandigen, flachgründigen Standort SH. Insgesamt waren die Erträge der acht Sorten auf den Praxisbetrieben deutlich geringer als die nährstoffreicheren Bedingungen im DOK-Versuch (HILDERMANN et al. 2009).

Über alle drei Standorte gemittelt, unterschieden sich die Erträge zwischen den Sorten nur geringfügig. Wurden die Sortenunterschiede für jeden der drei Standorte separat geprüft, so gab es keine signifikanten Unterschiede in ZH, hingegen zeigte sich eine deutlichere Sortendifferenzierung an den Standorten SH und BE. In BE und SH erzielten die Biosorten Sandomir, Scaro und CCP die höchsten Erträge. Wurde eine ANOVA nach den Züchtungskategorien durchgeführt, so erreichten die Biosorten unter den nährstoffärmeren Bedingungen der Praxisbetriebe leicht höhere Erträge als die konventionellen und alten Sorten. Gesichert signifikant war dies in BE, dem Standort mit den geringsten Erträgen. Hier war der durchschnittliche Ertrag der Biosorten um 14 % höher als der der konventionellen Sorten. Dies ist in Übereinstimmung mit MURPHY et al. (2007), die zeigten, dass direkte Selektion von Winterweizensorten unter marginalen Bedingungen besonders effizient war. Im nährstoffreicheren DOK-Versuch und auch über alle fünf Standorte gemittelt waren jedoch die konventionellen Sorten (Caphorn und Antonius) ertragsstärker. Mittlerweile gibt es viele Hinweise, dass Sorten, die unter ökologischen Anbaubedingungen maximale Erträge bringen sollen auch direkt unter Biobedingungen selektiert werden sollten (KUNZ et al. 2006, LÖSCHENBERGER et al. 2008). Kürzlich veröffentlichte Studien zu Winterweizen (MURPHY et al. 2007) und Sommerweizen (REID et al. 2009) belegen, dass Sorten aus direkter Selektion unter Biobedingungen höhere Erträge erzielten. BURGER et al. (2008) konnten signifikante Wechselwirkungen zwischen Sorten und Anbausystemen bei Mais nachweisen, die daher eine direkte Selektion unter den jeweiligen Zielbedingungen vorschlagen.

Kornertrag und $\text{Gluten}_{\text{total}}$ stiegen mit zunehmendem Nährstoffangebot an. Sorte x Umwelt-Interaktionen waren für den Gluten-Index (GI) signifikant. Unabhängig vom Nährstoffangebot war der GI der Sorten Scaro, Antonius und Caphorn über alle Standorte stabil, während die Sorten Sandomir, CCP und Titlis bei vergleichsweise höherem Stickstoffangebot (BE, ZH, BIODYN 2) einen niedrigen GI hatten.

Nährstoffnutzungseffizienz

Der Kornertrag war signifikant positiv korreliert mit dem Korn-N-Ertrag ($r = 0.93$) und NUtE ($r = 0.72$). Sorte x Umwelt-Interaktionen waren für den Korn-N-Ertrag nicht, für NUtE hingegen deutlich signifikant ($P < 0.01$). Im Gegensatz zu den konventionellen Sorten, die stark auf die Umwelten reagierten und vor allem bei geringem Nährstoffangebot eine niedrige NUtE hatten, war die NUtE der Biosorten und der alten Sorten über alle Prüfumwelten stabiler. Dies galt für die Biosorten Scaro und Sandomir und die alte Sorte Mont Calme 245.

Schlussfolgerungen

Sorten aus Biozüchtung realisierten an marginalen Bio-Standorten leicht höhere Erträge als Sorten aus konventioneller Züchtung, nicht jedoch an nährstoffreicheren Standorten. Für den Bioanbau geeignete Sortentypen sollten auch unter nährstoffarmen Bedingungen hohe Erträge, eine gute Backqualität und eine hohe Nährstoffnutzungseffizienz haben. Unter den hier geprüften Umweltbedingungen zeigte die Biosorte Scaro eine gute Kombination dieser Eigenschaften.

Danksagung

Diese Studien wurden finanziell unterstützt von der Software AG Stiftung, der Wolfermann-Nägeli Stiftung, der Evidenz Stiftung, der Stiftung für Mensch-Mitwelt und Erde und FP 7 NUE-CROPS. Herzlichen Dank für Feld- und Laborarbeiten an das Team Getreidezüchtung Peter Kunz sowie an Röbi Frei und Antje Stotz (FiBL).

Literatur

- BURGER H, SCHLOEN M, SCHMIDT W, GEIGER H, 2008: Quantitative genetic studies on breeding maize for adaptation to organic farming. *Euphytica* 163, 501-510.
- HILDERMANN I, THOMMEN A, DUBOIS D, BOLLER T, WIEMKEN A, MÄDER P, 2009: Yield and baking quality of winter wheat cultivars in different farming systems of the DOK long-term trial. *J Sci Food Agric* 89, 2477-2491.
- KUNZ P, BECKER K, BUCHMANN M, CUENDET C, MÜLLER J, MÜLLER U, 2006: Bio-Getreidezüchtung in der Schweiz. Tagungsband 2. Österreichische Fachtagung für biologische Landwirtschaft, 21.-22. März, Gumpenstein, 31-35. HBLFA Raumberg-Gumpenstein, Irnding.
- LÖSCHENBERGER F, FLECK A, GRAUSGRUBER H, HETZENDORFER H, HOF G, LAFFERTY J, MARN M, NEUMAYER A, PFAFFINGER G, BIRSCHITZKY J, 2008: Breeding for organic agriculture: the example of winter wheat in Austria. *Euphytica* 163, 469-480.
- MURPHY KM, CAMPBELL KG, LYON SR, JONES SS, 2007: Evidence of varietal adaptation to organic farming systems. *Field Crops Res* 102, 172-177.
- REID T, YANG RC, SALMON D, SPANER D, 2009: Should spring wheat breeding for organically managed systems be conducted on organically managed land? *Euphytica* 169, 239-252.
- UTZ HF, 2005: PLABSTAT. A computer program for statistical analysis of plant breeding experiments. Institute of Breeding, Seed Science, and Population Genetics, University Hohenheim, Stuttgart. [Available online: <https://www.uni-hohenheim.de/plantbreeding/software/>; accessed 23 Oct 2009]
- WRICKE G, 1962: Über eine Methode zur Erfassung der ökologischen Streubreite in Feldversuchen. *Z Pflanzenzüchtg* 47, 92-96.