

Verbesserung des Ertrags, der Standfestigkeit und des spezifischen Gewichts bei Triticale

Improvement of grain yield, lodging tolerance and specific grain weight of triticale

Arnold Schori^{1*}, Fabio Mascher¹ und Dario Fossati¹

Abstract

The Swiss triticale breeding program started in 1976. The first variety Brio was released in 1992. The paper gives an overview of the genetic improvement according to yield trials of advanced breeding lines carried out between 1988 and 2006. At the beginning of the program seed fertility and plumpness, lodging tolerance and plant height were the main traits which needed major improvement. Meanwhile, a reduction of plant height and an increase of hectolitre weight was achieved and released varieties show a satisfying yield level of grain yield. Particularly the simultaneous improvement of grain protein content and grain yield is noteworthy for the Swiss triticale program. Although the progress in grain yield is somewhat lower than in other triticale programs a significant improvement can be observed for grain protein yield. New challenges for breeding are the occurrence of powdery mildew and the problem of mycotoxins.

Keywords

Breeding, cereals, genetic progress, protein, *Triticosecale*, Switzerland, yield

Einleitung

Triticale (*x Triticosecale* Witt.), eine Kreuzung zwischen Weizen und Roggen, wird erst seit etwa 50 Jahren züchterisch bearbeitet. Die Pioniere der Triticalezüchtung beabsichtigten die Widerstandsfähigkeit des Roggens mit den qualitativen Eigenschaften des Weizens zu verbinden (OETTLER 2005). Nachdem die Strategie der oktoploiden Triticale, nämlich Brotweizen mit Roggen zu kreuzen, nicht erfolgreich war, wurde vermehrt die Eignung hexaploider Triticale, Kreuzungen von tetraploidem Hartweizen mit diploidem Roggen, untersucht. Es stellte sich heraus, dass hexaploider Triticale einen deutlich geringeren Anteil von aneuploiden Pflanzen in der Nachkommenschaft und auch sonst eine höhere Stabilität aufwies. Die ersten Triticale zeichneten sich durch eine ausgezeichnete Krankheitsresistenz, ein gutes Ertragspotential und einen hohen Anteil

von Lysin im Körnerweiß aus (HULSE und LAING 1974, MYER et al. 1990). Die Langwüchsigkeit und die geringe Standfestigkeit, die schlechte Kornausbildung und die ungleichmäßige Fruchtbarkeit der Blüten machten eine sofortige landwirtschaftliche Verwendung unmöglich und mussten mit züchterischen Mitteln behoben werden (RUSKIN 1989). Die erste landwirtschaftlich nutzbare Sorte Lasko wurde 1982 in Europa in Verkehr gebracht (FOSSATI et al. 1987). In der Schweiz begannen die Arbeiten mit hexaploiden Triticale im Jahr 1976 und die ersten Linien konnten im Jahr 1988 in den Leistungsprüfungen auf Ertrag getestet werden (SCHORI et al. 2007). Im Jahr 1992 wurde die erste Sorte, Brio, in der Schweiz zugelassen (FOSSATI et al. 1992). Viele Mängel der ersten Triticalelinien konnten in diesen Sorten behoben werden, allerdings waren sie immer noch sehr lang, der Ertrag und die Qualität der Körner, im Besonderen das Hektolitergewicht, lagen noch unterhalb der Leistungen vergleichbarer Getreide (SCHORI et al. 2007).

Der vorliegende Artikel dokumentiert den Zuchtfortschritt im schweizerischen Triticalezüchtprogramm von 1988 bis 2006 an Hand der Daten der Zuchtstämme, die in die erste Phase der Leistungsprüfung (etwa Generation F8) weitergeführt wurden. Bis Generation F7 werden die Zuchtstämme hauptsächlich auf Bestandesdichte, Krankheitsresistenz, Stabilität des Genotypen, Kornbildung, und Länge bewertet und ausgewählt. In den Leistungsprüfungen werden die Stämme dann zusätzlich auf Ertrag, Hektolitergewicht und Proteingehalt geprüft.

Material und Methoden

Diese Studie beruht auf der Auswertung der agronomischen Leistungen von 2281 Zuchtstämmen in der ersten Phase der Leistungsprüfungen (mehrheitlich Generation F8) in den Jahren von 1988 bis 2006. Jeder Stamm wurde nur ein Jahr lang geprüft jedoch an verschiedenen Standorten. Neben dem Standort Changins und Goumoëns gab es mindestens noch einen weiteren, jedes Jahr wechselnden, Prüfort. Die Prüflinge wurden in Standardparzellen angebaut und gemäß den offiziellen Empfehlungen des landwirtschaftlichen Beratungsdienstes des Kantons Waadtland bewirtschaftet. Es

¹ Forschungsbereich Pflanzenzüchtung und Genetische Ressourcen, Forschungsanstalt Agroscope Changins-Wädenswil ACW, Postfach 1012, Route de Duillier, CH-1260 NYON

* Ansprechpartner: Arnold SCHORI, arnold.schori@acw.admin.ch

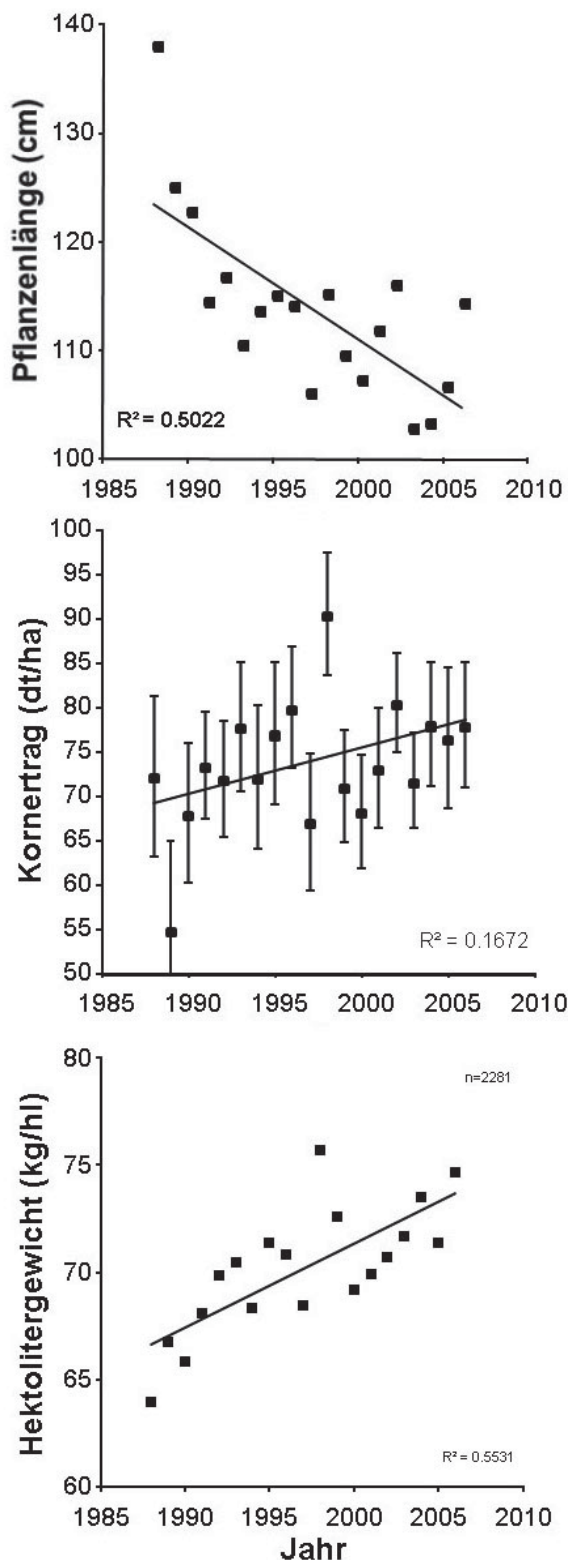


Abbildung 1: Entwicklung der mittleren Pflanzenhöhe, des durchschnittlichen Kornertrages und des durchschnittlichen Hektolitergewichtes der Zuchtstämme in der ersten Generation Leistungsprüfung zwischen 1988 und 2006

Figure 1: Improvement of plant height (top), grain yield (center) and hectolitre weight (bottom) of advanced Swiss triticale breeding lines

wurden weder Halmverkürzer noch Fungizide verwendet. Zur Stickstoffversorgung der Pflanzen wurde, nach Abzug des N-min Wertes, Stickstoff eingetragen um auf 130 Einheiten Stickstoff zu gelangen.

Die Ernte erfolgte bei Vollreife des Kornes. Neben der Ermittlung des Ertrages (dtha^{-1}) wurde auch das Tausendkorngewicht, das Hektolitergewicht, sowie der Proteingehalt des Korn ermittelt. Der Proteingehalt im Korn wurde 1988 und 1989 mit Hilfe der Kjeldahl Methode gemessen. Danach wurde der Proteingehalt mittels NIRS ermittelt. Datensicherung und -verarbeitung sowie die statistischen Analysen wurden mit den Modulen Varianzanalyse und Regression des Programmes WIDAS (MSI AG, Buchs) durchgeführt.

Ergebnisse

Das Ziel dieser Studie ist es den Zuchtfortschritt von der ersten Leistungsprüfung im Jahr 1988 bis 2006 darzustellen. Dazu wurden Daten der Zuchtstämme aus der ersten Generation Leistungsprüfung (etwa F8) von jedem Jahr verwendet. Kein Zuchtstamm wurde 2 Mal geprüft. Die Stämme in der ersten Leistungsprüfungen (1988) waren im Durchschnitt etwa 1,38 m lang, im Jahr danach waren sie mit durchschnittlich 1,25 bereits deutlich kürzer (Abbildung 1). Ab 1999 sind die Pflanzen noch zwischen 1,1 und 1,2 m lang. Trotz der starken Schwankungen zwischen den Jahren, kann insgesamt eine klare Verkürzung der Pflanzenlänge verzeichnet werden, wie die Korrelationskoeffizient von $r^2=0.5$ unterstreicht. Der durchschnittliche Kornertrag der Stämme ist im Beobachtungszeitraum von 69,3 auf 78,6 dt ha^{-1} angestiegen. Der Korrelationskoeffizient $r^2=0.16$

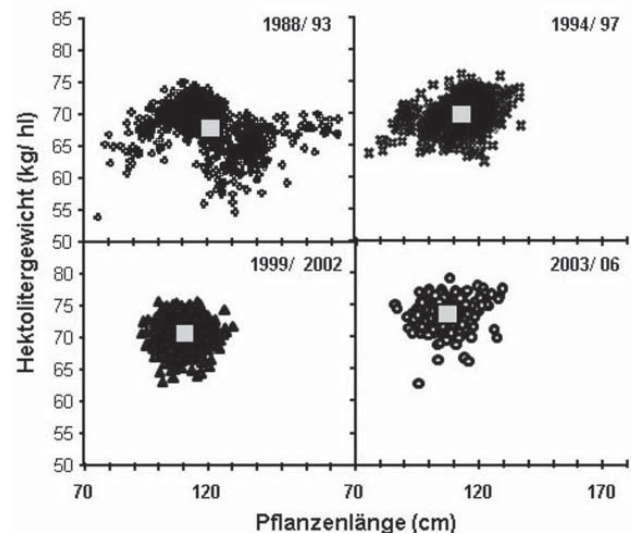


Abbildung 2: Entwicklung der Pflanzenhöhe und des Hektolitergewichtes der Zuchtstämme in den Zeiträumen 1988-1993, 1994-1997, 1999-2002 und 2003-2006. Die großen Symbole zeigen den Mittelwert für beide Merkmale für die entsprechenden Zeiträume.

Figure 2: Development of plant height and hectolitre weight in the advanced triticale lines in the time periods 1988-1993, 1994-1997, 1999-2002 and 2003-2006. Grey square symbols indicate the mean value of both traits in the respective time periods.

deutet auf sehr große Unterschiede zwischen den Jahren hin. Das Hektolitergewicht des Korns lag bei den Zuchtstämmen von 1988 bei durchschnittlich unter $65 \text{ kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ und wurde mit den Jahren stetig verbessert. Die Werte ab dem Jahre 2000 entsprechen mit durchschnittlich über $70 \text{ kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ den Werten, die auch im Weizen anzutreffen sind.

Das Spektrum der Beobachtungen für Pflanzenlänge und Hektolitergewicht ist in *Abbildung 2* dargestellt. Jeder Punkt bezeichnet die Pflanzenlänge und das Hektolitergewicht eines Zuchtstammes im genannten Zeitraum. Die Streuung der Werte in den getesteten Populationen ist sehr groß im Zeitraum 1988-1992 mit sehr langen (bis zu 1,8 m Länge) und sehr kurzen Typen. In den folgenden Perioden wird die Streuung zunehmend geringer und die Genotypen werden kürzer und weisen gleichzeitig ein größeres Hektolitergewicht auf.

Die Analysen des Proteinertrags pro Hektar werden in *Abbildung 3* festgehalten. Die Entwicklung des Proteinertrags pro Hektar wird ebenfalls gemeinsam mit der Entwicklung der Pflanzenlänge dargestellt. Der durchschnittlichen Proteinertrag von $8 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$ im ersten Zeitraum (1988-1992) wurde stetig verbessert und befindet sich in der Periode 2002-2006 bereits bei etwa $10 \text{ dt}\cdot\text{ha}^{-1}$. Die Streuung der beobachteten Werte ist im ersten Zeitraum ebenfalls sehr breit, wird aber schmaler mit deutlich höheren Werten im letzten Beobachtungszeitraum.

Diskussion

Im Triticalezuchtprogramm in Changins wird seit 1976 mit hexaploiden Triticale gearbeitet (SCHORI et al. 2007). Ab 1988 wurden vielversprechende Zuchtstämme ab etwa Generation F8 auf Ertrag und Qualitätsparameter in Leistungsprüfungen getestet (FOSSATI und BRABANT 2003). Die Daten über Pflanzenlänge, Hektolitergewicht und Proteinertrag zeugen von einer kontinuierlichen Verbesserung der agronomischen Merkmale über die ersten 15 Jahre. Die Vielfalt der Sorten, im Besonderen die Pflanzenlänge, nimmt sehr stark ab, vor allem in den ersten Jahren. Dies zusammen mit dem steigenden Hektolitergewicht der Stämme resultieren von der rigorosen Selektion. Kürzere Sorten und ein akzeptables Hektolitergewicht waren die Bedingungen für die Zulassung von Triticale auf dem schweizerischen Markt und die Übernahme der ersten Sorten durch die Produzenten (FOSSATI et al. 1992).

Die Verbesserung des Hektolitergewichts ging einher mit einer allgemeinen Verbesserung der Qualität, der Form und des Gesundheitszustandes der Körner. Wahrscheinlich können sich Krankheitserreger schlechter in einem runden Korn als in einem geschrumpelten Korn ansiedeln. Für Triticale wurde noch nie eine Korrelation zwischen Hektolitergewicht und Nährwert untersucht, wie dies bei Hafer und Gerste der Fall ist (EGGER 1989, EGGER und MOREL 1989). Swiss granum, die schweizerische Branchenorganisation, gibt auch keinerlei Prämie für Chargen mit einem Hektolitergewicht oberhalb $66 \text{ kg}\cdot\text{hL}^{-1}$ (SWISS-GRANUM 2010). Die Wichtigkeit dieses Merkmales wird daher abnehmen.

Kürzere Halme verringern das Risiko der Lagerung und vereinfachen die Ernte, insofern das Stroh nicht weiter-

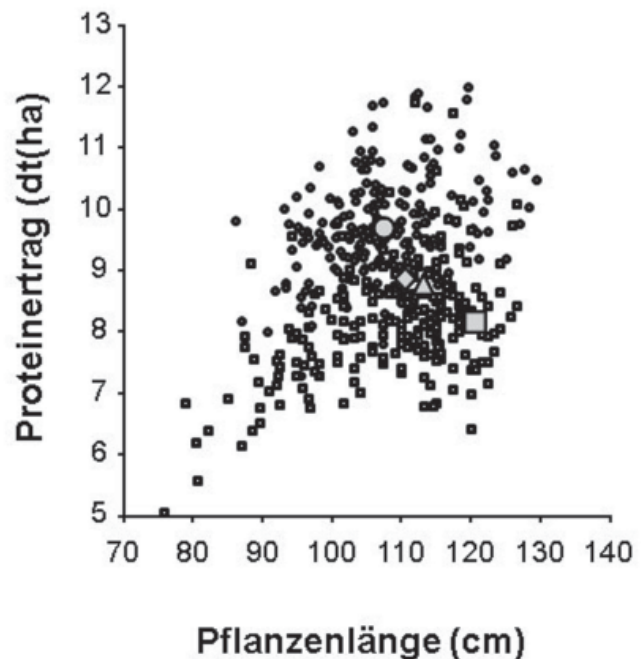


Abbildung 3: Zusammenhang zwischen Pflanzenhöhe und Proteinertrag. Große Symbole zeigen die Mittelwerte für die Zeiträume 1988-93 (■); 1994-1997 (◇), 1999-2002 (△) und 2003-2006 (○). Kleine Symbole zeigen die Streuung der Daten der Zeiträume 1988-1992 (■) und 2003-2006 (○).

Figure 3: Relationship between plant height and protein yield of Swiss triticale lines. Great grey symbols indicate mean values for the time periods 1988-93 (■); 1994-1997 (◇), 1999-2002 (△) and 2003-2006 (○). Small symbols show the trait variation in the time periods 1988-1992 (■) and 2003-2006 (○).

verwendet wird. Es besteht jedoch ein direktes Verhältnis zwischen Ertrag und Pflanzenlänge, das wir auch in unseren Zuchtgärten beobachtet haben (SCHORI et al. 2007). Allgemein gilt daher: so lang wie möglich, ohne die Lagerung zu fördern. Wir schlagen daher eine angepasste Züchtungsstrategie für verschiedene Verwendungen vor:

- (1) kurze Typen für die Kornproduktion unter intensivem Anbau
- (2) lange Typen für den extensiven Anbau, Hoffütterung, Strohertrag (FOSSATI 1997).

Was den Kornertrag angeht, konnte eine Verbesserung von 0.43 bis 0.71% in den Leistungsprüfungen pro Jahr festgestellt werden. Die eingeschriebenen Sorten zeigen eine sehr ähnliche Steigerung des Ertragspotential (HILTBRUNNER et al. 2010). Dieser Ertragszuwachs ist jedoch geringer als die 1.5% Zuwachs die bei CIMMYT in den 1990er Jahren erzielt werden konnten (HEDE 2001). Wie wird dieser Ertragszuwachs erreicht und warum liegt dieser im Schweizer Programm unterhalb jener vergleichbarer Züchter? Die stetige Erhöhung des Ertrags wird auf die höhere Anzahl Körner pro Flächeneinheit zurückgeführt (SCHORI et al. 2007). Der Erfolg einer solchen Strategie wurde bereits von FOSSATI et al. (1993) postuliert. Die Erhöhung des Ertrags wurde jedoch durch die Erhöhung des Eiweißgehaltes verlangsamt. Der durchschnittliche Eiweißgehalt nahm zwischen 1988 bis 2006 von 10,9 auf

12,9% zu (SCHORI et al. 2007). Die spezielle Züchtung auf einen hohen Eiweißgehalt ist offensichtlich eine Spezifität zu anderen Zuchtprogrammen (BOMBIK et al. 2001, OETTLER 2005).

Triticale ist heute eine gut im Markt eingeführte Art mit großem Potential, die auch in marginalen Anbauregionen und unter widrigsten Bedingungen sichere und wirtschaftlich interessante Resultate erbringt. Die Verbesserung des Ertrags und des Eiweißgehaltes bleiben die wichtigsten Zuchtziele des Programmes. Die Pflanzenhöhe und das Hektolitergewicht sind keine Zuchtziele per se. Sie sollen vielmehr die Stabilität der Linien und die Anbausicherheit garantieren. Das Aufkommen von Krankheiten wie z.B. der echte Mehltau oder die Mykotoxinproblematik durch Infektionen mit *Fusarium* und Mutterkorn sind neue Herausforderungen an die Züchtung (MASCHER et al. 2006).

Die Geschichte der landwirtschaftlichen Nutzung des Triticale ist relativ kurz. Die Züchtung dieser Spezies ist sehr gut dokumentiert und kann als Beispiel dienen wenn neue Pflanzenarten gezüchtet und nutzbar gemacht werden sollen.

Literatur

- BOMBIK A, STANKEWICZ C, STARCZEWSKI J, 2001: Correlation between some qualitative traits determining yield of selected triticale varieties. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roslin* 216, 131-136.
- EGGER I, 1989: Caractéristiques du triticale en tant que matière première pour l'alimentation animale. *Revue Suisse d'Agriculture* 21, 177-181.
- EGGER I, MOREL J, 1989: Poids à l'hectolitre et valeur nutritive de l'orge, de l'avoine et du blé. 2^{ème} partie: Interaction entre le poids à l'hectolitre et la valeur nutritive. *Revue Suisse d'Agriculture* 21, 125-131.
- FOSSATI D, 1997: Définition d'idéotypes pour le triticale. *Revue Suisse d'Agriculture* 29, 291-296.
- FOSSATI D, BRABANT C, 2003: La sélection du blé en Suisse. *Revue Suisse d'Agriculture* 35, 169-180.
- FOSSATI D, FOSSATI A, FEIL B, 1993: Relationship between grain yield and grain nitrogen concentration in winter triticale. *Euphytica* 71, 115-123.
- FOSSATI A, PACCAUD FX, COLLAUD J, WEILENMANN F, GERIGHER W, WINIGER FA, 1987: Fiche technique d'une nouvelle variété de triticale: Lasko. *Revue Suisse d'Agriculture* 19, 83-84.
- FOSSATI A, FOSSATI D, WEILENMANN F, SAURER W, WINZELER M, WINZELER H, JAQUIÉRY R, 1992: Brio, une variété suisse de triticale d'automne. *Revue Suisse d'Agriculture* 24, 13-15.
- HEDE AR, 2001: A new approach to triticale improvement. In: Research highlights of the CIMMYT wheat program, 1999-2000, pp. 21-26. CIMMYT, Mexico, DF.
- HILTBRUNNER J, ANDERS M, LEVYL, COLLAUD JF, SCHWÄRZEL R, BERTOSSA M, STOLL P, PETER D, ZÜRCHER J, CHASSOT A, 2010: Empfohlene Getreidesorten für die Ernte 2011. *Agrarforschung Schweiz* 1 (7-8), Beilage. [Available online: http://www.agrarforschungschweiz.admin.ch/archiv_11de.php?id_artikel=1591; accessed 25 Jan 2011]
- HULSE JH, LAING EM, 1974: Nutritive value of triticale protein (and the proteins of wheat and rye). International Development Research Centre, Ottawa. [Available online: <http://hdl.handle.net/10625/1473>; accessed 21 December 2010]
- MASCHER F, REICHMANN P, SCHORIA, 2006: Impact de l'oïdium sur la culture du triticale. *Revue Suisse d'Agriculture* 38, 103-196.
- MYER RO, COMBS GE, BARNETT RD, 1990: Evaluation of three triticale cultivars as potential feed grains for swine. *Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc.* 49, 155-158.
- OETTLER G, 2005: The fortune of a botanical curiosity - Triticale: Past, present and future. *J. Agric. Sci.* 143, 329-246.
- RUSKIN FR, 1989: Triticale: A promising addition to the world's cereal grains. National Academy Press, Washington, DC.
- SCHORIA, FOSSATI D, MASCHER F, FOSSATI A, 2007: Fortschritte im Triticalezüchtprogramm in Changins. *Agrarforschung* 14, 424-429.
- SWISSGRANUM, 2010: Übernahmebedingungen für inländisches und importiertes Futtergetreide und Eiweißpflanzen - Ernte 2010. [Available online: http://www.swissgranum.ch/pdf/3bf1_D_uebernahmebedingungen_FG2010.pdf; accessed 21 December 2010]