

Entwicklung von Populationen bei Mais (*Zea mays* L.) Selektionseffizienz und Leistungsfähigkeit

Eder B¹, Büttner B¹, Schweizer G¹, Mohler V¹, Albrecht T¹ & Eder J¹

Keywords: mass selection, maize, Zea mays L., yield, plant breeding.

Abstract

Maize is one of the most important crops around the world. Global players in seed production offer more than hundreds of different varieties. All of them are hybrids whereas open pollinated varieties (OPVs) are rare or extinct. In Germany (and many other European countries) no new OPVs are registered; efforts to do so failed in the past. The main advantage of OPVs is their phenotypic and genetic heterogeneity and thus their ability to adapt to different environmental conditions. This could be of utmost interest facing the complex challenge of climate change. Populations based on new breeding material were developed and tested in comparison to actual hybrids and landraces. While the new populations achieved about 80 % of the hybrid yield, landraces failed with only 65 %. The efficiency of selection methods needs to be improved.

Einleitung und Zielsetzung

Mais ist eine der wichtigsten Kulturarten, weltweit, in Deutschland und Bayern. Dementsprechend vielfältig ist die Sortenauswahl. Allein in Deutschland gibt es ein eigenes Sortiment für Silomais und eines für Körnermais. Insgesamt standen für Deutschland 2016 ca. 400 Sorten, EU weit etwa 5000 Sorten zur Verfügung (Beschreibende Sortenliste 2015, Bundessortenamt). Nahezu alle waren Hybrid-sorten. Die für fremdbefruchtende Kulturpflanzen typischen Populationssorten nehmen zum Teil deutlich ab bzw. sind nicht mehr vorhanden. Für Mais, Zuckerrübe und Sonnenblume sind keine aktuellen Populationssorten zugelassen. Bei Roggen gehören von den zugelassenen Sorten bereits 50 % dem Hybridtyp an.

Populationen und Populationssorten haben einen wesentlichen Vorteil. Sie haben ein hohes Adaptionpotential an sich ändernde Umweltbedingungen. Sie weisen aufgrund ihrer hohen genetischen und phänotypischen Heterogenität eine höhere Diversität als Hybrid- oder Klonsorten auf. Diese Eigenschaften können vor dem Hintergrund der zunehmend extremer werdenden Klimabedingungen von großer Bedeutung für die Landwirtschaft sein. Vor allem der ökologische Landbau, der kaum auf externe Hilfsstoffe zurückgreifen kann, ist auf ein gut adaptiertes und breit aufgestelltes Sortenmaterial angewiesen. Deshalb hat die Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft (LfL) begonnen, Populationen bei Mais auf Basis von aktuellem Zuchtmaterial zu entwickeln. Die Ertragsleistung dieser Populationen wurde mit Land- und Hybridsorten verglichen. Folgende Fragen sollten beantwortet werden:

- i) Wie hoch ist das Ertragsvermögen von neuen Populationen im Vergleich zu Landsorten und aktuellen Hybriden? Sind sie in der Lage konkurrenzfähige Erträge zu liefern?

¹ Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Am Gereuth 8, 85354 Freising, Deutschland ipz@LfL.bayern.de, www.LfL.bayern.de,

- ii) Wie effizient ist die Selektion mit der gewählten Methode? Können die Ertragsparameter über einen Selektionszyklus der mehrere Jahre umfasst, signifikant erhöht werden?

Material und Methoden

Versuchsorte: Die Selektion der Populationen wurde auf verschiedenen Flächen der LfL in Freising (454 m über NN, kiesiger Schotter, Bodenzahl 54, 7,5 °C mittlere Jahrestemperatur, 750 mm mittlere Niederschlagsmenge) durchgeführt. Die Ertragsprüfungen erfolgten am LfL Versuchsbetrieb in Frankendorf (450 m über NN, sandiger Lehm/Löß, Bodenzahl 80, 7,5 °C mittlere Jahrestemperatur, 850 mm mittlere Niederschlagsmenge).

Versuchsdesign: Die Entwicklung und Selektion der Populationen (Tab.1) erfolgte in Freising. Sie wurden aus aktuellen Hybriden verschiedener Saatgutfirmen erstellt. Zunächst erfolgten gezielte Kreuzungen zwischen den Hybriden unter kontrollierten Bedingungen im Gewächshaus.

Tabelle 1: Kennzeichen der Populationen Weihenstephaner 1 und 2

Populationen	Herkunft	Kornotyp	Reifezahl
Weihenstephaner 1 (W1)	20 Genotypen	Flint	240-250
Weihenstephaner 2 (W2)	16 Genotypen	Dent	240-250

Die phänotypische Einzelpflanzenselektion innerhalb der Populationen erfolgte in ca. 200 m² großen Isolierparzellen, die Saatstärke lag bei 10 Pflanzen je m². Anbau und Behandlung der Parzellen erfolgte ortsüblich unter konventionellen Anbaubedingungen. Zum Schutz vor Fremdeinstäubung wurden die Parzellen mit ca. 9 m Streifen Hanf ummantelt. Im Herbst wurden nach phänotypischen Kriterien etwa 250 Kolben von ca. 2000 Pflanzen selektiert und jeweils auf Gewicht und TS-Gehalt geprüft. Nach einem weiteren Selektionsschritt wurde eine Teilpopulation von ca. 100 Kolben mit entsprechendem Gewicht und ausreichend hohen TS-Gehalten gebildet und für die Selektion im Folgejahr ausgesät. Die Populationen befinden sich im 7. Selektionszyklus. Zur Ertragsermittlung wurden in Frankendorf vierreihige Parzellen mit 0,75 m Reihenabstand und dreimaliger Wiederholung angelegt. Die Parzellengröße betrug 18 m², die Saatstärke lag bei 10 Pflanzen je m². Die pflanzenbaulichen Maßnahmen wie Bodenbearbeitung und Pflanzenschutz erfolgten ortsüblich unter konventionellen Anbaubedingungen. Geerntet wurden die mittleren zwei Reihen mit einem Versuchs Drescher. Alle Erträge wurden auf 86 % Trockensubstanzgehalt normiert und über die Parzellengröße in dt ha⁻¹ umgerechnet.

Um die Selektionseffizienz zu bestimmen, wurden je Population die Selektionen der letzten drei Anbaujahre verglichen. Als Vergleichssorten dienten für den Hybridtyp die Sorte Torres, eine ertragsstarke, mittelspäte Körnermaissorte der Firma KWS mit der Reifezahl 260. Zusätzlich wurden verschiedene Landsorten aus der Genbank des IPK in Gatersleben, die an der LfL vermehrt wurden, angebaut. Pro Anbaujahr wurden drei Landsorten geprüft. Von den Landsorten Pfarrkirchner, Rottaler, Ferdinand, Michaelis, Gailtaler und Gelber Badischer Landmais wurde nur letztere durchgehend geprüft. Die Ergebnisse der einzelnen Landsorten wurden zusammengefasst. Die statistische Verrechnung der Ertragsleistung wurde über alle Jahre durchgeführt, die Selektionseffizienz innerhalb des Anbaujahres. Ein Vergleich über die Jahre konnte nicht für alle Selektionsvarianten gerechnet werden, da nicht alle jedes Jahr geprüft wurden (s.o.).

Ergebnisse

In Tab. 2 sind die Relativ- und Absoluterträge der geprüften Sortentypen, die TS-Gehalte über die Jahre 2010 bis 2016 gemittelt dargestellt. Die Hybride erzielte im Mittel der 6 Jahre am Standort Frankendorf einen Kornertrag von ca. 130 dt ha⁻¹ TM. 80% davon erreichten die Populationen W1 und W2, wohingegen die Landsorten nur ca. 50 % des Hybridertrages erlangten. Im TS-Gehalt verhielten sie sich unterschiedlich.

Tabelle 2: TM-Ertrag der Populationen relativ (%) zu Torres (Vergleichssorte), Differenz des TS-Gehaltes (%) zu Torres und absolute Werte, Frankendorf 2010-2016

Sortentyp	TM-Ertrag			TS-Gehalt	
	absolut dt ha ⁻¹	*	relativ %	absolut %S	*
Hybride (Torres)	130.4	A	100	69.7	AB
Population W1	107.1	B	82	70.2	AB
Population W2	107.3	B	82	71.4	A
Landsorten	65.1	C	49,9	68.4	B

* signifikant für $P < 0.05$

Der Selektionsfortschritt ist in Tab. 3 dargestellt. Selektionsziele waren Ertrag und TS-Gehalt. Die Populationen reagierten im TM-Ertrag auf die Jahreseffekte ähnlich wie die Hybride Torres. Den niedrigsten Ertrag zeigten alle 2013 und den höchsten 2011. Sie erzielten einen Relativertrag zwischen 71 % und 94 % der Vergleichshybride. In der Population W1 stieg der Ertrag von 2012 auf 2013 deutlich an. In der Population W2 war dies im Jahr 2012 zu beobachten. 2014 sank bei W2 der Ertrag auffallend stark ab. Insgesamt konnten die Erträge tendenziell um bis zu 8 dt ha⁻¹ und die TS-Gehalte um bis zu 8 % erhöht werden. Der Selektionserfolg, ausgedrückt als eine Steigerung des Relativertrags oder des TS-Gehalts im Vergleich zur Hybridsorte im Verlauf der Selektionszyklen konnte jedoch statistisch nicht abgesichert werden.

Tabelle 3: Selektionsfortschritt der Populationen im TM-Ertrag und TS-Gehalt absolut (dtha⁻¹, %) und relativ (%) zur Vergleichshybride (Torres), Frankendorf 2010-2016

Jahre	TM-Ertrag absolut [dt ha ⁻¹]			TM-Ertrag relativ [%]*		TS-Gehalt [%]**	
	Hybride	W 1	W 2	W 1	W 2	W 1	W 2
2010	134,8	109,1	109,6	80,9 ns***	81,3 ns	-2,1 ns	-4,0 ns
2011	161,9	134,3	131,5	83,0 ns	81,2 ns	0,3 ns	-0,1 ns
2012	150,3	119,1	132,3	79,2 ns	88,0 ns	2,7 ns	1,1 ns
2013	100,8	94,4	87,5	93,7 ns	86,8 ns	1,1 ns	0,0 ns
2014	144,8	126,1	102,9	87,1 ns	71,0 ns	0,2 ns	0,8 ns
2015	121,2	106,3	105,1	87,7 ns	86,7 ns	4,6 ns	3,4 ns
2016	160,5	141,4	132,1	88,1 ns	82,3 ns	1,5 ns	3,6 ns

*relativ zur Vergleichshybride im Anbaujahr, **Differenz zur Hybride, ***ns nicht signifikant

Diskussion

Die Ertragsergebnisse zeigen, dass auf aktuellem Zuchtmaterial basierende, neue Populationen einen relativ hohen Ertrag von etwa 82 % der Hybride lieferten. Dagegen erzielten die Landsorten (altes Zuchtmaterial) nur 65 % des Hybridertrages. Dieses niedrige Ertragsniveau wurde auch bei anderen Landsorten gefunden (Eder et

al 2015). Damit stellen sie keine akzeptable Alternative zu Hybridsorten dar. Neue Populationen hingegen können eine Alternative sein. Vereinzelt erzielten sie über 90 % des Hybridertrages (Chiduzo et al. 1994). Vergleiche mit den Ergebnissen der Landessortenversuche für Körnermais am selben Standort in den Jahren 2010, 2013 und 2014 (Daten nicht dargestellt) zeigten außerdem, dass sie sogar einen Relativertrag von über 100 % erzielen können. Dieses hohe Leistungsvermögen wurde aufgrund des geringeren Heterosiseffekts bei Populationen nicht erwartet.

Die Selektion lieferte in den verschiedenen Jahren unterschiedlich ausgeprägte Zuwächse bzw. Abschläge im Ertrag und TS-Gehalt. Da die Merkmale grundsätzlich negativ miteinander korreliert sind, ist eine Steigerung von beiden Merkmalen nur schwer möglich. Dennoch gab es Jahre, wo beides erreicht wurde (W1 2010/11; W2 2014/15). Im Vergleich zum Ausgangsjahr 2010 konnten in den 7 Selektionsjahren die TS-Gehalte zwischen ca. 4 und 8 % tendenziell gesteigert werden. Dies ist wichtig, da Sorten mit einem späteren Reifebereich, nur für wenige Standorte in Deutschland geeignet sind. Die starke Schwankung der Selektionseffizienz liegt u.U. auch darin begründet, dass bei der Selektion auf die Zielmerkmale mit der gewählten Methode der Massenselektion nur der Phänotyp der Mutterpflanze berücksichtigt werden kann. Eine gezielte Bestäubung findet nicht statt. Der Einfluss des väterlichen Genotyps wird erst im Folgejahr sichtbar. Ebenso ist ein Einfluss des Züchters auf die Kolbenauswahl im Feld nicht auszuschließen. Hinzukommen Wettereinflüsse, die die Selektion auf die Merkmale erschweren können. Bei den Schwankungen ist es schwierig festzulegen, wann die Selektion beendet werden sollte, zumal die Unterschiede zwischen den Selektionszyklen nicht signifikant waren. Bei W1 könnte man 2013 oder 2015 mit der Vermehrung beginnen, bei W2 bereits 2012 oder 2015.

Schlussfolgerungen

Neue Populationen können eine Alternative zu Hybridsorten darstellen. Dazu sollten sie aus aktuellem Zuchtmaterial erstellt werden. In mehrjährigen Selektionszyklen konnte der TM-Ertrag und TS-Gehalt der Populationen allerdings nur tendenziell verbessert werden. Die Methode der Massenselektion ermöglichte durch ihre geringe Effizienz keine statistisch absicherbare, kontinuierliche Steigerung. Es gilt zu prüfen, ob andere, neue Selektionsmethoden zielgerichteter einsetzbar sind.

Danksagung

Wir danken dem Bayerischen Staatsministerium für Landwirtschaft, Ernährung und Forsten für die finanzielle Förderung der Forschungsinhalte.

Literatur

- Chiduzo C, Waddington SR & Mariga IK (1994) Grain Yield and economic performance of experimental open-pollinated varieties and released hybrids of maize in a remote semi-arid area of Zimbabwe. *Zimbabwe J. agric. Res.* 32(1)(1994): 33-43.
- Eder B, Büttner B, Schweitzer G & Eder J (2015) Maislandsorten in Bayern. Historie, Leistungsvermögen und Züchtungsforschung. 65. Tagung der Vereinigung der Pflanzenzüchter und Saatgutkaufleute Österreichs, 2014, Raumberg-Gumpenstein.