

Ertragssteigerung bei Körnermais durch cytoplasmatisch männliche Sterilität und Xenieneffekte

U. WEINGARTNER, P. STAMP, K.H. CAMP und R. JAQUIERY

Die cytoplasmatische männliche Sterilität (cms) wird heute wieder zunehmend zur Hybridsaatgutproduktion eingesetzt. Neben der Möglichkeit der Kosteneinsparung in der Saatgutproduktion, sind aber auch Ertragsvorteile von cms-Maishybriden gegenüber ihren jeweiligen fertilen Versionen bekannt (CHINWUBA et al. 1961, DUVICK 1965, STAMP et al. 2000). Viele Untersuchungen der Ertrags- effekte sind in den 60er Jahren durchgeführt worden. Seitdem hat die Maiszüchtung wesentliche Fortschritte hinsichtlich Ertrag und agronomischer Merkmale gemacht. Eine Reevaluierung scheint daher angebracht.

Als Xenie wird jeder unmittelbare Effekt von fremden Pollen auf nicht-mütterliches Gewebe bezeichnet (KIESELBACH 1960). Dies sind im reifen Maiskorn das Endosperm (3n, 84% des Kornes) sowie der Embryo (2n, 10% des Kornes). Xenieneffekte werden heute für erhöhte Qualitätsmerkmale im Ölmaisbau genutzt (TopCross®). Dabei bewirken bestimmte Bestäubersorten, dass größere Embryonen gebildet werden und somit der Ölgehalt erhöht wird. BULANT und GALLAIS (1998) fanden positive Xenieneffekte auf Inzuchtlinien und konnten sie in Beziehung setzen zur genetischen Distanz zwischen Mutter- und Vaterlinie. Xenien könnte man daher als eine Phänomen von Heterosis - bzw. bei der Fremdbestäubung von Hybriden - Reduktion der Inzuchtdepression betrachten.

Ziele

- ❶ Untersuchung des CMS-Effekts auf den Kornertrag und die Ertragskomponenten von modernen europäischen Hybridsorten.
- ❷ Untersuchung des Xenieneffekts auf den Kornertrag und die Ertragskomponenten von europäischen CMS-Hybriden.

❸ CMS und Xenieneffekt in einem offenen abblühenden Feldbestand kombinieren („Plus-Hybrid“-Effekt) und die Veränderungen des Ertrags relativ zum „Status Quo“ (100% normal fertile Hybriden) erheben.

Material und Methoden

In den Jahren 1998 und 1999 wurden an 6 Orten in der Schweiz Feldversuche durchgeführt. Die Versuche wurden als splitplot mit 4 Wiederholungen angelegt. Der Bestäuber wurde als mainplot-Faktor und die cms-Hybriden als subplot Faktor arrangiert (vgl. *Abbildung 1*). Fünf cms-Hybriden und acht Bestäubersorten standen im Versuch. Zwei cms-Hybriden wurden nach dem ersten Versuchsjahr aufgrund mangelhafter Blühsynchronisation ausgetauscht. Im Folgenden werden nur Ergebnisse von den Hybriden gezeigt, die über alle 6 Versuche getestet wurden (siehe *Tabelle 1*). Mit Hilfe der weißkörnigen Maissorte DSP17007 konnte die effektive Bestäubung kontrolliert

Tabelle 1: Maishybriden

cms-Hybriden	Bestäuber
CORSO ms	CORSO
DELPRIMms	DSP17007
SILPRO ms	BANGUY
	DELPRIM
	PACTOL
	SILPRO

werden. Dazu wurde in den Bestäuberblöcken mit DSP17007 die Parzelle der Sorte DSP17007 vor Beginn der Blüte kastriert. Auf jeweils 10 Kolben pro Parzelle wurden nach der Ernte die gelben und weißen Körner ausgezählt. Der Anteil der gelben Körner zeigt an, wie viel Pollen aus benachbarten Bestäuberblöcken in den Ernteparzellen befruchten konnten.

Resultate

Die Rate der ungeplanten Kreuzungen betrug im Mittel über alle Versuche 5.6%. Die Versuchsanlage war somit geeignet die Effekte von Bestäubersorten zu testen.

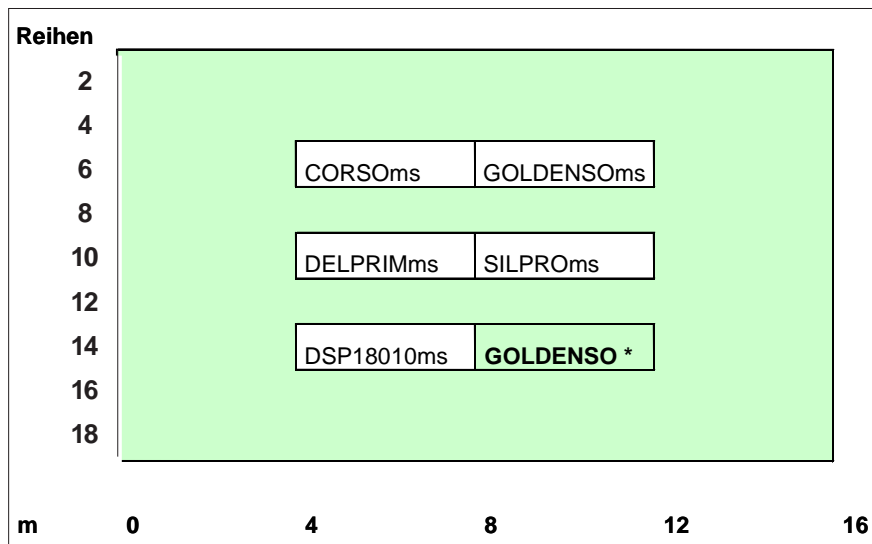


Abbildung 1: Beispiel zur Anordnung der Ernteparzellen in einem Bestäuberblock. In fünf der sechs Parzellen standen die cms-Hybriden, in der sechsten die jeweilige Bestäubersorte.

Autoren: Dipl.-Ing. Dr. Karl-Heinz CAMP und Dr. Ing. Agr. R. JAQUIERY, Delley Samen und Pflanzen AG, Case postale 16, CH-1567 DELLEY, U. WEINGARTNER und P. STAMP, Institut für Pflanzenwissenschaft, ETH Zürich

Tabelle 2: CMS-Effekt auf Kornertrag, Korngewicht (TKG) und Kornzahl von drei CMS-Hybriden im Vergleich zu den isogenen fertilen Hybriden in sechs Umwelten.

cms Hybrid	Kornertrag trocken			g	TKG			Anzahl Körner		
	g m-2	%			g	%		m-2	%	
CORSOms	942	+ 6.3	NS	286	- 1.2	†	3291	+ 7.5	NS	
DELPRIMms	1024	+ 7.6	†	265	+ 0.4	NS	3880	+ 7.2	NS	
SILPROms	1016	+ 8.2	*	299	- 0.8	NS	3397	+ 9.2	*	
alle	994	+ 7.4	*	283	- 0.5	NS	3524	+ 8.2	**	

Mittelwerte einer Kolonne, die nicht denselben Buchstaben führen, sind signifikant verschieden bei 0.05 Irrtumswahrscheinlichkeit gemäß dem Student-Newman-Keuls Test.

Der Kornertrag von CORSOms, DELPRIMms und SILPROms lag 6.3 - 8.2% über dem Ertrag ihre jeweiligen fertilen Version (siehe *Tabelle 2*). Der höhere Ertrag der drei cms-Hybriden wurde über eine höhere Anzahl Körner erreicht, während das TKG praktisch unverändert war. Dies bestätigt die Hypothese, dass der Ertragsvorteil von cms-Sorten über eine bessere Versorgung des Kolbens und daraus resultierend eine geringere Reduktion von Kornanlagen erreicht wird.

Die Varianzanalyse ergab hochsignifikante Effekte der Bestäubersorte auf den Kornertrag, das TKG und die Anzahl Körner für die drei cms-Hybriden COR-

SOMs, DELPRIMms und SILPROms. Die Mittelwerte für die Xenieneffekte sind in *Tabelle 3* zusammengestellt. Zwei von fünf Bestäubersorten (BANGUY und DELPRIM) bewirkten bei der Sorte CORSOms signifikante Ertragszuwächse. Die Sorte DELPRIMms reagierte bei Bestäubung durch die Sorten DSP17007 und SILPRO mit Ertragsrückgang. Die höchsten Xenieneffekte zeigte die Sorte SILPROms. Vier der fünf Bestäubersorten sorgten für Ertragszuwächse von bis zu 13.6%. Die signifikanten Ertragswirkungen durch Xenien waren bei den Sorten CORSOms und DELPRIMms auf ein verändertes TKG zurückzuführen, während

bei der Sorte SILPROms beide Ertragskomponenten, TKG und Anzahl Körner, beeinflusst waren.

Ebenfalls in *Tabelle 3* sind die „Plus-Hybrid“-Effekte, das heißt die Summe von cms-Effekt und Xenieneffekt zusammengestellt. Für die Sorte CORSOms als auch für SILPROms addieren sich die Ertragssteigerungen bei einzelnen Kombinationen auf 15 - 20%.

Die sechs Bestäubersorten konnten hinsichtlich ihrer Bestäubereignung (GPA, „general pollinator ability“) eindeutig differenziert werden (*Tabelle 4*), wobei die Sorten DELPRIM und BANGUY positive Wirkung als Bestäuber von den cms-

Tabelle 3: Xenien- und „Plus-Hybrid“-Effekt auf Kornertrag von drei CMS-Hybriden (CORSOms, DELPRIMms and SILPROms) mit sechs Bestäubern, in sechs Umwelten.

cms Hybrid	Bestäuber	Kornertrag g m-2	Xenieneffekt		„Plus-Hybrid“-Effekt	
			%		%	
CORSO fertil	—————	894	—		0.0	C
CORSOms	CORSO	942	0.0	B	—	
	DSP17007	921	- 0.8	B	+ 4.5	BC
	BANGUY	1004	+ 8.5	A	+ 14.1	A
	DELPRIM	1029	+ 10.5	A	+ 16.3	A
	PACTOL	950	+ 2.7	B	+ 8.1	B
	SILPRO	918	- 2.2	B	+ 3.2	BC
	Mittel		+ 3.9	NS	+ 9.3	**
DELPRIM fertil	—————	979	—		0.0	AB
DELPRIMms	DELPRIM	1024	0.0	A	—	
	DSP17007	928	- 8.5	C	- 4.3	B
	BANGUY	1017	- 0.3	A	+ 6.5	A
	CORSO	979	- 4.1	AB	+ 3.1	AB
	PACTOL	1003	- 1.5	A	+ 5.3	A
	SILPRO	946	- 7.0	BC	- 0.6	B
	Mittel		- 4.2	*	+ 2.1	NS
SILPRO fertil	—————	944	—		0.0	B
SILPROms	SILPRO	1016	0.0	BC	—	
	DSP17007	995	0.0	C	+ 7.2	B
	BANGUY	1097	+ 10.3	A	+ 18.2	A
	CORSO	1094	+ 9.4	A	+ 17.9	A
	DELPRIM	1142	+ 13.6	A	+ 21.4	A
	PACTOL	1071	+ 7.0	AB	+ 14.6	A
	Mittel		+ 8.0	***	+ 15.8	**
Mittel alle cms-Hybriden			+ 2.6	NS	+ 9.1	***

Mittelwerte einer Kolonne, die nicht denselben Buchstaben führen, sind signifikant verschieden bei 0.05 Irrtumswahrscheinlichkeit gemäß dem Student-Newman-Keuls Test.

Tabelle 4: „General pollinator ability“ (GPA) für Kornertrag von sechs Bestäubern kombiniert mit drei CMS-Hybriden (CORSOms, DELPRIMms and SILPROms), in sechs Umwelten.

Bestäuber	GPA g m ⁻²	
DELPRIM	+ 61	A
BANGUY	+ 35	AB
PACTOL	+ 4	B
CORSO	+ 1	B
SILPRO	- 44	C
DSP17007	- 56	C

Mittelwerte einer Kolonne, die nicht denselben Buchstaben führen, sind signifikant verschieden bei 0.05 Irrtumswahrscheinlichkeit gemäß dem Student-Newman-Keuls Test.

Hybriden zeigten, während DSP17007 und SILPRO als Bestäuber zu Ertragsrückgängen führten.

Schlussfolgerungen

- ① CMS kann den Kornertrag bei Mais-Hybridsorten steigern.
- ② Die Pollenherkunft spielt bei der Ertragsbildung eine signifikante Rolle.

③ Kornertrag bei Mais ist nicht nur „source“- sondern auch „sink“-limitiert.

④ In „Plus-Hybriden“, das heißt Mischungen von cms-Hybriden mit positiv wirkenden Bestäubersorten, addieren sich cms-Effekt und Xenien-Effekt.

⑤ Es besteht dringender Forschungsbedarf um die züchterische Bearbeitung von cms- und Xenieneffekten bzw. den Anbau von „Plus-Hybriden“ vorzubereiten:

- Schätzung der genetischen Varianzen für cms- und Xenien-Effekte
- Einfluss des Cytoplasmas (C,T,S)
- agronomische Ansprüche an die Mischungspartner

⑥ Das „Plus-Hybrid“-Konzept kann prinzipiell auf alle fremdbestäubten Pflanzenarten angewendet werden, die einen genügend hohen Pollenüberschuss aufweisen.

⑦ Ein besonderes Potential besitzt das „Plus-Hybrid“-Konzept im Zusammenhang mit transgenen Sorten: Als cms-

Sorten können diese ohne Freisetzung von transgenen Pollen angebaut werden und zusätzlich von Ertragsvorteilen profitiert werden.

Literatur

- BULANT, C. and A. GALLAIS, 1998: Xenia effects in maize with normal endosperm: I. Importance and stability. *Crop Sci.* 38:1517-1525.
- CHINWUBA, P.M., C.O. GROGAN and M.S. ZUBER, 1961: Interaction of detasseling, sterility and spacing on yields of maize hybrids. *Crop Sci.* 1:279-281.
- DUVICK, D.N., 1965: Cytoplasmic pollen sterility in corn. *Advances in Genetics* 13:1-56.
- KIESSELBACH, T.A., 1960: The significance of xenia effects on the kernel weight of corn. *Res. Bull. Nebr. Agric. Exp. Stn.* 191:1-30.
- STAMP, P., S. CHOWCHONG, M. MENZI, U. WEINGARTNER and O. KAESER, 2000: Increase in the yield of cytoplasmic male sterile maize revisited. *Crop Sci.* 40:1586-1587.
- WEINGARTNER, U., O. KAESER, M. LONG and P. STAMP, 2002: Combining cytoplasmic male sterility and Xenia increases grain yield of maize hybrids. *Crop Sci.* 42:1848-1856.