

Züchtungsmethodische Untersuchungen am Mais

RICHARD FOCKE

Institut für Pflanzenzüchtung Bernburg der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Experiments on breeding methods in corn

Summary. The advantages of a breeding method over other means for selection are demonstrated by results from experiments with corn. A method is described which combines a shortened crossing cycle with reciprocal recurrent selection. A so-called hybrid qualification test is used as criterion for selecting both improved stock and suitable combinations between parental populations.

Für die Randgebiete der Hybridmaissaatguterzeugung ist neben der Kombinationseignung der Linien besonders deren Ertragshöhe und -sicherheit wichtig. Mit zunehmendem Inzuchtgrad erhöht sich der Grad der Empfindlichkeit gegenüber verschiedenen Milieufaktoren. Die Zunahme der Milieuvanz von Linien läßt sich mit einer Schwächung des Pufferungssystems erklären, demzufolge die Modifizierbarkeit durch Umweltfaktoren steigt. Inzuchtlinien reagieren besonders empfindlich bei geringer Nährstoffversorgung und schlechter Witterung (vgl. auch JONES und EVERETT, 1949).

Bei der Verwendung von Sorten als Kreuzungspartner besteht der Nachteil, daß nicht alle Genotypen eine gleich gute Kombinationseignung besitzen, wie das bei der Kreuzung von Linien der Fall ist, während der Forderung nach einer guten umweltstabilen Leistung der Eltern damit entsprochen wird. WELLHAUSEN u. a. (1952, 1954 und 1955) konnten jedoch durch vergleichende Studien der Kombinationseignung von S_1 - und S_3 -Linien zeigen, daß bereits die durch Geschwisterbestäubung weitervermehrten besten S_1 -Linien in der Kombinationseignung den besten S_3 -Linien etwa ebenbürtig sind. Außerdem hatte die Bestimmung der Kombinationseignung bereits in der S_1 den Vorteil, daß die Korrelation in der Leistung zwischen S_1 -Linien und den aus ihnen gezüchteten Hybriden höher ist als zwischen den S_3 -Linien und ihren Hybriden. Darüber hinaus besitzen die vitaleren S_1 -Linien auch die umweltstabilere Ertragsleistung.

Da der Wert einer Hybride von ihren Eltern, den Inzuchtlinien, abhängt, der Zuchtwert der Linien wiederum durch das Ausgangsmaterial bestimmt wird, ist es verständlich, daß Züchtungsmethoden vorgeschlagen wurden, die parallellaufend die Verbesserung des Ausgangsmaterials zum Ziele hatten. Mit der von HULL (1945) entwickelten und von COMSTOCK u. a. (1949) auf reziproker Basis ausgebauten Methode der rekurrenten Selektion ist man in der Lage, das Ausgangsmaterial direkt zu beeinflussen. Wenn einige Voraussetzungen (z. B. Überdominanz; vgl. LE ROY, 34. Kapitel, 1960, und GAMBLE, 1962) erfüllt sind, kann damit gerechnet werden, daß diese Methode weitere ertragliche Verbesserungen ermöglicht.

In neuerer Literatur über Züchtungsmethoden (MAYERL und ROHRINGER, 1963; SCHNELL, 1960; vgl. dort weitere Angaben) zeichnen sich Zuchtverfahren ab, die von den klassischen Auffassungen bereits abweichen.

Unsere Untersuchungen sollten einen Beitrag zu der Frage liefern, ob unter Beibehaltung der wesentlichen wirksamen Prinzipien der reziproken rekurrenten Selektion die Zeitspanne der Zyklen verkürzt und der durch die Selbstung vorhandene hohe Inzuchtgrad verkleinert werden kann. Das dafür im methodischen Teil aufgeführte und benutzte Verfahren kann im Prinzip als reziprok wiederkehrender Hybrideignungstest bezeichnet werden.





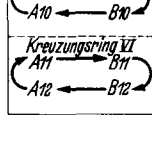
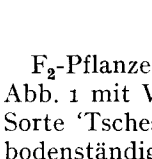
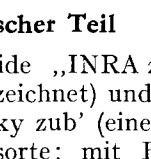
1. Zyklus		2. Zyklus	
1. Jahr-Kreuzung Varietät A B	2. Jahr-Prüfung Kö-Ertr: Φ Pflanzen in g	3. Jahr-Kreuzung Varietät A B	4. Jahr-Prüfung Kö-Ertr: Φ Pflanzen in g
	z. B. $B_1 A_1$ 136 } $A_2 B_2$ 140 } 138 $B_2 B_1$ 105 } $A_1 A_2$ 112 } 109		z. B. $B_{21} A_{12}$ 134 } $A_{12} B_{21}$ 140 } 137 $B_{21} B_{21}$ 110 } $A_{12} A_{12}$ 104 } 107
	$B_3 A_3$ 100 } $A_4 B_4$ 114 } 107 $B_4 B_3$ 101 } $A_3 A_4$ 54 } 78	//	//
	$B_5 A_5$ 103 } $A_6 B_6$ 123 } 113 $B_6 B_5$ 77 } $A_5 A_6$ 103 } 90	//	//
	$B_7 A_7$ 120 } $A_8 B_8$ 148 } 134 $B_8 B_7$ 114 } $A_7 A_8$ 115 } 115	oder:	
			$B_{21} A_{12}$ $A_{12} B_{21}$ 1 2 $B_{21} B_{21}$ $A_{12} A_{12}$

Abb. 1. Zuchtschema.

Methodischer Teil

F_2 -Pflanzen der Hybride „INRA 200“ (in der Abb. 1 mit Varietät A bezeichnet) und Pflanzen der Sorte 'Tscheski bily konsky zub' (eine in der ČSSR bodenständige Zahnmaissorte; mit B bezeichnet) wurden nach der in Abbildung 1 dargestellten Weise untereinander gekreuzt. 1960 wurden die ersten 16 Ringe (unter Ring 1 ist beispielsweise die Kreuzung $B_1 \times A_1$, $A_2 \times B_2$, $A_1 \times A_2$ und $B_2 \times B_1$ zu verstehen) aus den beiden genannten Sorten hergestellt. Aus jedem Kreuzungsring des Jahres 1960 wurden die innersortlichen Geschwisterkreuzungsnachkommenschaften $A_1 A_2$ (A_{12}) bzw. $B_2 B_1$ (B_{21}) im darauffolgenden Jahr für drei neue Ringe verwendet (1961 über 50 Ringe). Methodisch wurden demnach die im Zuchtschema aufgeführten Kreuzungen des 1. und 2. Zyklus (1. und 3. Jahr) 1960 und 1961 vorgenommen. 1962 und 1963 (im Zuchtschema 1. und 2. Zyklus, 2. und 4. Jahr) erfolgte die Prüfung aller 1960 und 1961 erzeugten Kreuzungsnachkommenschaften (innersortliche Geschwisterkreuzungsnachkommenschaften und äquivalente zwischensortliche Hybriden

aus Einzelpflanzenkreuzungen); es handelt sich um etwa 300 Nummern. Die vier Kreuzungen je Ring aus dem Jahre 1960 und die 12 Kreuzungen bzw. drei Ringe aus dem Jahre 1961 wurden vergleichbar nebeneinander angebaut. Jede Nummer war repräsentiert durch 20 Pflanzen in jedem der beiden Prüfungsjahre 1962 und 1963. Bestimmt wurde von jeder einzelnen Pflanze die Länge, das Kolbengewicht und die Kolbenlänge. Die statistische Auswertung wird bei den Ergebnissen besprochen.

Auf methodisch gleiche Weise bildeten wir 1960 10 Ringe zwischen Hartmais-Landsorten aus Österreich, der Schweiz und der DDR. Aus ihnen gingen 1961 20 Ringe hervor; aus jedem alten Kreuzungsring demnach zwei neue. Die Prüfung dieser 120 Nummern lief parallel mit den oben eingehend beschriebenen.

Ergebnisse

Die durchschnittliche Leistung von Geschwisterkreuzungen innerhalb zweier Sorten im Vergleich zu ihren Hybriden ist durch nachfolgende Werte dargestellt.

a) Mittelwerte

Die in der Tabelle 1 aufgeführten Zahlen zeigen, daß sich die allgemeine Kombinationseignung der beiden elterlichen Populationen zwischen 1960 und 1961 nicht veränderte (171,4:171,3 cm), obgleich deren Pflanzenlänge infolge Geschwisterkreuzungen innerhalb der beiden elterlichen Sorten um 6% fiel. Die Zahnmaissorte 'Čbkz' weist nach einmaliger Geschwisterkreuzung etwa die gleiche Länge auf wie die Hybride. Bei einer Erhöhung des Inzuchtkoeffizienten (von etwa 0,25 auf 0,37) durch nochmalige Geschwisterkreuzung geht die Pflanzenlänge um 12,6 cm zurück, während sie bei der F₁ auf gleicher Höhe bleibt.

Tabelle 1. Die durchschnittliche Leistung von Geschwisterkreuzungen innerhalb zweier Sorten im Vergleich zu ihren Hybriden.

	Pflanzenlänge cm		Kolbenertrag g		Kolbenlänge cm	
	Kreuzungsring		Kreuzungsring		Kreuzungsring	
	1960	1961	1960	1961	1960	1961
	Ø der Prüfungsjahre		Ø der Prüfungsjahre		Ø des Prüfungsjahres 1963	
1						
INRA Geschwister	159,3	153,0	85,1	72,6	13,8	12,4
Čbkz Geschwister	172,6	160,0	95,4	75,8	12,2	11,5
Ø INRA + Čbkz	166,0	156,5	90,2	74,2	13,0	12,0
F ₁ INRA × Čbkz	170,4	171,4	108,7	111,0	14,2	13,9
F ₁ Čbkz × INRA	172,3	171,2	108,9	109,0	14,6	14,2
Ø F ₁ INRA × Čbkz	171,4	171,3	108,8	110,0	14,4	14,1
Ø F ₁ Čbkz × INRA						
1a)						
P ₁ Heimische Stämme	147,2	146,6	72,9	65,0	15,7	13,9
P ₂ Österreichische u. Schweizer Sorten	150,6	148,0	90,2	70,8	13,5	13,4
Ø P ₁ + P ₂	148,9	147,3	81,6	67,9	14,6	13,7
F ₁ (P ₁ P ₂)	165,4	162,9	108,2	100,8	18,2	16,5
F ₁ (P ₂ P ₁)	163,5	167,3	108,9	108,9	17,3	17,1
Ø F ₁ (P ₁ P ₂) + F ₁ (P ₂ P ₁)	164,5	165,1	108,6	104,9	17,8	16,8

Hinsichtlich Kolbengewicht je Pflanze wird bereits im Kreuzungsring 1960 eine Heterosisleistung sichtbar. Der bessere Elter, 'Čbkz', wird von der F₁ um 13,4 g übertroffen. Im Kreuzungszyklus 1961 beträgt diese Differenz bereits 34,2 g zugunsten der F₁. Die geringen reziproken Unterschiede, die aus der Tabelle 1 zu entnehmen sind, lassen sich nicht sichern.

Die Kolbenlänge weist ebenfalls in beiden Kreuzungszyklen Heterosiserscheinungen auf. Eine Verschlechterung der elterlichen Partner ist auch für dieses Merkmal zwischen den beiden Kreuzungszyklen zu beobachten. Die in der Tabelle 1 unter 1a) aufgeführten Zahlen geben im Prinzip die gleichen Verhältnisse wie bereits besprochen. Zwischen den Kreuzungsringen von 1960 und 1961 sind allerdings bei den innersortlichen Geschwisterleistungen die Differenzen weniger ausgeprägt. Hinzu kommt, daß bereits bei den Kreuzungsringen 1960 Heterosis in der Pflanzenlänge auftritt. Die Ursachen dafür sind in dem eingengerteren Populationsaufbau des Ausgangsmaterials zu suchen.

Tabelle 2. Korrelative Beziehungen und Regressionskoeffizienten zwischen der Leistung der beiden Eltern (Mittel) und der entsprechenden F₁.

$$x = \varnothing P_1 + P_2$$

$$y = \varnothing F_1 (P_1 \times P_2) + F_1 (P_2 \times P_1)$$

	r	F	b	s b
Kreuzungsjahr 1960				
Pflanzenlänge in cm	0,871	59,84**	0,917	0,119
Kolbengewicht in g	0,360	2,68 ⁻	0,329	0,201
Kreuzungsjahr 1961				
Pflanzenlänge in cm	0,798	87,74**	0,824	0,088
Kolbengewicht in g	0,438	11,88**	0,507	0,147

** = P 1%

b) Genetische Variationsbreite

Ein Hinweis auf die genetische Variationsbreite zwischen den Geschwisternachkommenschaften innerhalb der beiden elterlichen Sorten und die aus den einzelnen elterlichen Kreuzungen hervorgegangene F₁ erscheint bedeutungsvoll. Die Kreuzungsringe 1960 schwanken im Mittel der Prüfungsjahre 1962 und 1963 bezüglich der Pflanzenlänge bei den Eltern zwischen 172 und 147 cm, bei der F₁ zwischen 177 und 149 cm. 1961 liegen die Geschwisterkreuzungen in der Pflanzenlänge zwischen 170 und 130 cm, die F₁ zwischen 187 und 146 cm.

Die Kreuzungsringe 1960 schwanken untereinander im Mittel der Prüfungsjahre 1962 und 1963 bezüglich Kolbenertrag bei den Eltern zwischen 123 und 78 g, bei der F₁ zwischen 149 und 106 g. Die Kreuzungsringe des Jahres 1961 schwanken bei den Eltern zwischen 124 und 58 g, bei den Hybriden zwischen 174 und 91 g.

c) Beziehungen zwischen Eltern und der F₁

Die klassischen Linien und deren Hybriden zeigen je nach den geprüften Merkmalen eine mehr oder weniger stark positive Korrelation untereinander. Die Eltern und deren Nachkommenschaften lassen eine bestimmte Leistungsbeziehung sowohl im Kreuzungsjahr 1960 als auch 1961 zu ihrer zwischensortlichen F₁ erkennen (Tab. 2). Bereits die Geschwister-nachkommenschaften weisen in der Pflanzenlänge gute positive Beziehungen zur F₁ auf. Im Kolbengewicht sind diese Beziehungen weniger ausgeprägt; dasselbe trifft für die in der Tabelle 2 nicht aufgeführte Kolbenlänge zu.

d) Erbliche Beziehungen von Generation zu Generation

Als Maß für die Wirksamkeit der in Abbildung 1 dargestellten Zucht-methode lassen wir, unter Anwendung des Korrelationsverhältnisses, gelten, mit welcher Sicherheit die Leistungen

1. in den einzelnen Geschwister-nachkommenschaften der Eltern,
2. in den jeweils daraus zu erwartenden Hybriden und
3. in den Beziehungen der Eltern zu ihrer aus den innersortlichen Nachkommen hervorgegangenen F₁ erhalten bleiben.

Die gesicherten Korrelationsverhältnisse für die Pflanzenlänge (Tab. 3) lassen erkennen, daß die aus einer guten, mittleren oder schlechten Geschwisternachkommenschaft hervorgegangenen Geschwisternachkommenschaften in der Leistung gut mit der Ausgangsgeneration übereinstimmen. Auch die F₁-Kombinationen stehen diesbezüglich in einem guten Verhältnis zueinander. Die elterlichen Einzelpflanzen mit guter Kombinationseignung zeigen also nach Anwendung der in Abbildung 1 dargestellten Geschwister-Paarung wieder gute Kombinationseignung untereinander. Ein gutes Korrelationsverhältnis ist auch zwischen den Eltern und der durch ihre Nachkommen erzeugten F₁ zu beobachten.

Hinsichtlich der Kolbengewichte ist in den drei genannten Korrelationsverhältnissen ebenfalls eine gute statistische Sicherheit erreicht (Tab. 4), während in der Kolbenlänge bei P 5% keine statistische Sicherheit mehr gegeben ist (Tab. 5).

Diskussion

Unter Vernachlässigung des Fröh-testes besteht die Erzeugung einer klassischen Linienhybride aus zwei

Tabelle 3. Korrelationsverhältnisse in der Pflanzenlänge von Eltern und innersortlichen sowie zwischensortlichen Nachkommenschaften.

	FG	SQ	MQ	F
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Länge 20	2509,94	125,50	2,55**
	Fehler 31	1524,54	49,18	
	Gesamt 51	4034,48		
$\eta = 0,79$				
∅ der reziproken F ₁ im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Länge 20	2927,16	146,36	3,55**
	Fehler 31	1276,46	41,18	
	Gesamt 51	4203,62		
$\eta = 0,83$				
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz 1960 im Korrelationsverhältnis zum ∅ der reziproken F ₁ von 1961	Länge 20	2927,16	146,36	3,55**
	Fehler 31	1276,46	41,18	
	Gesamt 51	4203,62		
$\eta = 0,83$				

** = P 1%.

Tabelle 4. Korrelationsverhältnisse im Kolbengewicht von Eltern und innersortlichen sowie zwischensortlichen Nachkommenschaften.

	FG	SQ	MQ	F
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Erträge 19	2388,75	125,72	2,81**
	Fehler 30	1433,83	44,79	
	Gesamt 49	3822,58		
$\eta = 0,79$				
∅ der reziproken F ₁ im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Erträge 20	3590,92	179,55	2,82**
	Fehler 31	1972,48	63,60	
	Gesamt 51	5563,40		
$\eta = 0,80$				
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz 1960 im Korrelationsverhältnis zum ∅ der reziproken F ₁ von 1961	Erträge 19	3441,01	181,10	2,78**
	Fehler 30	1950,86	65,03	
	Gesamt 49	5391,87		
$\eta = 0,80$				

** = P 1%.

Tabelle 5. Korrelationsverhältnisse in der Kolbenlänge von Eltern und innersortlichen sowie zwischensortlichen Nachkommenschaften.

	FG	SQ	MQ	F
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Länge 15	26,85	1,79	1,53
	Fehler 22	25,66	1,17	
	Gesamt 37	52,51		
$\eta = 0,71$				
∅ der reziproken F ₁ im Korrelationsverhältnis der Jahre 1960:1961	Länge 13	28,02	2,16	1,22
	Fehler 18	31,67	1,76	
	Gesamt 31	59,69		
$\eta = 0,69$				
Geschwister INRA + Geschwister Čbkz 1960 im Korrelationsverhältnis zum ∅ der reziproken F ₁ von 1961	Länge 15	33,09	2,21	1,51
	Fehler 20	29,27	1,46	
	Gesamt 35	62,36		
$\eta = 0,73$				

Phasen, der Selbstung, die durch die Kombination und Rekombination günstiger Gene gekennzeichnet ist, und der Prüfung auf allgemeine und spezifische Kombinationseignung. Bei der Methode der reziproen rekurrenten Selektion (rrS) wechselt bis zu einem gewissen Grade von Generation zu Generation der Test auf Kombinationseignung mit der Selektion in der Rekombinations- und Kombinationsphase ab (Anhäufung von Leistungsgenen im Ausgangsmaterial). Die rrS ist demnach besonders durch die fortwährende Verbesserung des Ausgangsmaterials hinsichtlich der Kombinationseignung gekennzeichnet. Die Kombination und Rekombination ist in den elterlichen Populationen weitaus wirkungsvoller nach der Methode der rrS als durch Erzeugung von Linien aus diesen Populationen, denn wiederholte Hybridisierung gut kombinierender Genotypen innerhalb eines Elters erhöht die Chance für weitere genetische Verbesserungen als Kombinationspartner. Nicht unberücksichtigt darf dabei jedoch die Frequenz günstiger Gene bleiben, da sonst die anfänglich verbessernde Wirkung der rrS nur gering sein kann (LE ROY, 1960). Durch einige Beispiele ist die Brauchbarkeit dieser Methode in der Maiszüchtung belegt (SPRAGUE, 1955 und HIORTH, 1963). Mit der rrS ist es möglich, die genetische Variabilität der beiden elterlichen Populationen vollständig auszuschöpfen, als es bei der klassischen Erzeugung von Inzuchtlinien der Fall ist. Die rrS bedient sich allerdings in ihrer ursprünglichen Form auch der Selbstung, um günstige Leistungsgene Homozygoter auf eine geringere Zahl von Individuen innerhalb der elterlichen Populationen zu vereinen. Die in der rrS vorkommende Selbstungsgeneration stellt gewissermaßen die „Reliktform“ der in der klassischen Linienhybridzüchtung vorhandenen Inzuchtphase dar.

Wie bereits gesagt, wird mit der rrS zwischen den beiden elterlichen Populationen nach der besten Kombinationseignung der Genotypen und innerhalb der beiden Populationen auf Anhäufung dieser in der Kombination sich bewährenden Gene abwechselnd selektiert. Mit dem in Abbildung 1 dargestellten Zuchtschema sollte erreicht werden, daß auch innerhalb der Populationen die Selektion der Genotypen bereits auf ihre Kombinationseignung erfolgt und in zweiter Linie erst auf einen höheren Homozygotiegrad günstiger Leistungsgene. Der Inzuchtkoeffizient innerhalb der elterlichen Populationen wird somit je Generation geringer. Mit einem fallenden Inzuchtkoeffizienten verringert sich auch die Wahrscheinlichkeit, daß seltenere, wertvolle Leistungsgene vorzeitig verlorengehen. Der anfängliche Selektionserfolg ist zweifellos bei der klassischen rrS höher als nach der hier dargelegten Methode, wobei letztere allerdings den Vorteil besitzt, pro Züchtungszyklus ein Jahr weniger zu benötigen. Die Selektion hat in beiden Methoden entgegengesetzte Genfrequenzen innerhalb der einzelnen Loci zum Ziel. Bei welchen Genfrequenzen die rrS besonders wirkungsvoll gegenüber anderen Methoden ist, wurde von LE ROY (1960, 34. Kapitel, Neuere Zuchtmethoden) gezeigt. Es darf jedoch nicht übersehen werden, daß ein wesentlicher züchterischer Fortschritt sowohl mit der rrS als auch mit der hier beschriebenen Methode nur dann erzielt werden kann, wenn die Leistungssteigerung hauptsächlich auf Heterosis zurückzuführen ist.

Die Selektion auf Kombinationseignung sowohl zwischen als auch innerhalb der beiden elterlichen Populationen wirkungsvoller zu gestalten setzt voraus, daß zwischen der Eigenleistung der Eltern und der ihrer Hybriden eine positive Korrelation besteht. Eine umfangreiche Literatur liegt zu dieser Frage vor (vgl. JENKINS, 1929, und SPRAGUE, 1955).

Betrachten wir die hier vorgelegten experimentellen Ergebnisse unter den erwähnten Gesichtspunkten, so bestehen folgende Leistungsbeziehungen der Genotypen innerhalb der beiden elterlichen Populationen und ihrer Hybriden in zwei aufeinanderfolgenden Generationen:

1. Die Geschwisternachkommenleistung steht in positiver Korrelation zur Leistung der F_1 .
2. Bei abermaliger Geschwisterpaarung in Geschwisternachkommenschaften ist die zu erwartende Inzuchtdepression der Individuen innerhalb der elterlichen Populationen vorhanden. Die Leistungen der F_1 von diesen Eltern und deren Nachkommen besitzen gleiches Niveau (Tab. 1).

Da sowohl eine positive Korrelation in der Leistung zwischen den Eltern und Hybriden als auch positive Korrelationsverhältnisse von Generation zu Generation innerhalb der elterlichen Populationen sowie innerhalb der aus ihnen hervorgegangenen F_1 bestehen, außerdem zwischen den Eltern und der aus ihren Nachkommenschaften hervorgegangenen F_1 , erscheint es züchtmethodisch gerechtfertigt, die Selektion auf beste Kombinationseignung von Genotypen sowohl innerhalb der elterlichen Population als auch zwischen den elterlichen Populationen anzuwenden. In Abbildung 2 sind die besprochenen Beziehungen noch einmal dargestellt.

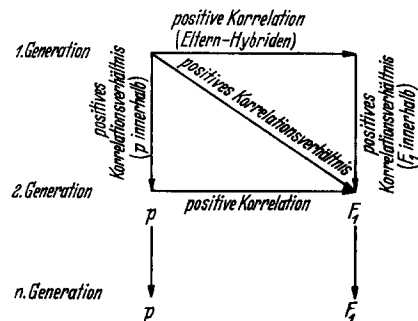


Abb. 2. Darstellung der korrelativen Leistungsbeziehungen von Genotypen der elterlichen Population und deren F_1 .

Für selbststerile und leicht verklonbare Arten sowie für Futterpflanzen, die auf Nutzung der vegetativen Masse ausgerichtet sind, bieten sich mit der beschriebenen Methode Vorteile gegenüber anderen Selektionsverfahren an. Schwierig ist die beschriebene Selektion dann, wenn die beiden elterlichen Genotypen der Population A und B in dem einen Fall ($B_1 \times A_1$) eine gute, im anderen Fall ($A_2 \times B_2$) eine schlechte Kombinationseignung zeigen. Ein derartiger Kreuzungsring müßte bei strenger Selektion verworfen und mithin die Ausgangsbasis gut kombinierender Gene in den elterlichen Populationen vorzeitig eingengt werden. Mit der Bildung von Reserven in Form von zusätzlich geernteten Einzelkolben pro Geschwisterkreuzungsnachkommenschaften kann jedoch einem stärkeren Verlust von Leistungsgenen begegnet werden.

Zusammenfassung

Die Vorteile einer Zuchtmethod gegenüber anderen Selektionsverfahren werden durch experimentelle Ergebnisse am Mais belegt. Es wird eine Zuchtmethod beschrieben, die bei verkürztem Kreuzungszyklus Vorteile der reziproken rekurrenten Selektion besitzt. Als Selektionskriterium für die Verbesserung des Ausgangsmaterials und der Kombinations-eignung zwischen den elterlichen Populationen wird ein sogenannter Hybrideignungstest benutzt.

Frl. E. VOIGTLÄNDER sei für technische Mitarbeit auch an dieser Stelle herzlich gedankt.

Literatur

1. COMSTOCK, R. E., H. F. ROBINSON, and P. H. HARVEY: A breeding procedure designed to make maximum use of both general and specific combining ability. *Amer. Soc. Agron.* **41**, 360–367 (1949). — 2. GAMBLE, E. E.: Gene effects in corn (*Zea mays* L.). *Canadian J. of Plant Science* **42**, 339 (1962). — 3. HIORTH, G. E.: Heterosis III. *Quantitative Genetik*, Kap. 18. Berlin-Göttingen-Heidel-

berg: Springer-Verlag 1963. — 4. HULL, F. H.: Recurrent Selection for specific combining ability in corn. *Amer. Soc. Agron.* **37**, 134–145 (1945). — 5. JENKINS, M. T.: Correlation studies with inbred and crossbred strains of Maize. *J. of Agricultural Research* **39**, 677–721 (1929). — 6. JONES, D. F., and H. L. EVERETT: Hybrid field corn. *Conn. Agr. Exp. St. Bull.* 532 (1949). — 7. LE ROY, H. L.: Statistische Methoden der Populationsgenetik. Basel: Verlag Birkhäuser 1960. — 8. MAYERL, F., and K. ROHRINGER: Ertragssteigerung durch Reciprocal Recurrent Selection mit einem Zahnmais- und einem Hartmaispartner. *Der Züchter* **33**, 164–167 (1963). — 9. SCHNELL, F. W.: Über Methoden zur reziproken Verbesserung der Kombinationseignung. *Vorträge für Pflanzenzüchter* **6**. Frankfurt/M.: DLG-Verlag 1960. — 10. SPRAGUE, G. F.: Corn breeding. In: SPRAGUE, Corn and corn improvement, Ch. 5. New York: Academic Press 1955. — 11. WELLHAUSEN, E. J.: Heterosis in a new Population. In: GOWEN, Heterosis, Kap. 27, 1952. — 12. WELLHAUSEN, E. J., and L. S. WORTMAN: Combining ability of S_1 and derived S_3 lines of corn. *Agronomy J.* **46**, 86–89 (1954). — 13. WELLHAUSEN, E. J., and E. PETERNIANI: Comparison of original and third generation sibbed seedstocks of S_1 lines of corn. *Agronomy J.* **47**, 136–138 (1955).

Beiträge zur Züchtungsforschung beim Apfel

IX. Untersuchungen über die Wuchs- und Ertragsleistungen von Apfelklonen

HEINZ MURAWSKI

Institut für Acker- und Pflanzenbau
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin in Müncheberg

Contributions to research on apple breeding

IX. Investigations on growth and yield of apple clones

Summary. In investigations on growth and yield of 53 apple-clones compared with 7 apple-varieties, the following results were obtained:

1. Very great differences in growth, spread and volume of the crowns exist between clones. On an average, progeny from 'Geheimrat Dr. Oldenburg' × 'Cox' Orangen-Rtte.' showed the smallest crown volume. A great difference in the structure of the crown could also be observed. Relatively low crowns occurred in the progeny from 'Geheimrat Dr. Oldenburg' × 'Cox' Orangen-Rtte.'

2. Between clones, a notable difference in yield per m² crown area and m³ crown volume could be shown. If we tested separately yield per m² area and m³ crown volume between the groups, we noted significant differences. Clones from 'Cox' Orangen-Rtte.' × 'Geheimrat Dr. Oldenburg' showed the highest yields.

3. We think that it may be possible with modern breeding methods to obtain varieties with favourable crown structure and high yield-capacity, which are suitable for growth on short trunks.

A. Einleitung

Untersuchungen über den Zuchtwert von Apfelsorten und die in diesem Zusammenhang durchgeführten genetischen Analysen erstreckten sich bisher vorwiegend auf die Beurteilung der Früchte und die Resistenz gegen Krankheiten und Schädlinge von Nachkommenschaften. Dagegen fanden andere Merkmale nur geringere Beachtung. Hierzu gehören auch die Wuchs- und Ertragsleistungen von Sämlingen. Nur in einer Arbeit von ZWINTZSCHER (1957) wird auf die Bedeutung von Wachstum und Ertrag als Zuchtziel hingewiesen. Die Bonitierung der Fruchtqualität ist mit weniger Aufwand verbunden als eine genaue Erfassung der Wuchs- und Ertragsleistung. Trotz bestehender Schwierigkeiten bei der Beurteilung

dieser Merkmale darf die Züchtungsforschung nicht darauf verzichten, nach Wegen zu suchen, solche wirtschaftlich wichtigen Merkmale wie die Wuchseigenschaften und die Ertragsleistung zu erfassen und eine Beurteilung des Erbwertes der Elternsorten vorzunehmen.

Die weitere Rationalisierung im Obstbau erfordert Sorten, die bei einem dem heutigen Anbausystem angepaßten Wuchs weniger Pflegearbeiten verursachen und hohe Ertragsleistungen bringen. Dabei ist nicht die Gesamtertragsleistung eines Baumes maßgebend, sondern der Ertrag je m² Kronengrundriß und je m³ Kronenvolumen. Da bei Verringerung der Baumabstände und gleichbleibender Gassenbreite die Standflächennutzung je ha abnimmt, können hohe Erträge je Fläche nur von Sorten mit spezifisch hohen Ertragsleistungen gebracht werden (NEUMANN, D. und NEUMANN, U. 1964).

Die Wuchsleistung und der natürliche Kronenaufbau einer Sorte ist daher für den Apfelanbau, besonders für den Niederstammanbau, von Bedeutung. Da diese Voraussetzungen neben einer vielfach zu geringen Fruchtqualität bei vielen alten Sorten nicht erfüllt sind, besitzen sie nur noch eine geringe Eignung für unser heutiges Anbausystem. Bei ihnen steht oft einer zu starken Wuchsleistung ein zu niedriger Ertrag gegenüber. Von neuen Sorten fordern wir aber eine geringere Wuchsleistung und einen hohen Ertrag. Die geringe Berücksichtigung der Wuchs- und Ertragseigenschaften des Baumes seitens der Züchtung kann ihren Grund darin haben, daß der Obstbau durch Variieren der Unterlagen und des Schnittes diese „Sortenfehler“ auszugleichen versuchte.

Die Züchtung von Sorten mit einem für den Niederstammanbau günstigen Kronenaufbau ist noch