

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau in Sopronhorpács Ungarn)

Rekurrente Selektion auf reciproke Kombinationsfähigkeit

Ein Beitrag zur Züchtung polyploider Heterosispopulationen bei *Beta vulgaris*

Von KURT SEDLMAYR

Mit 1 Textabbildung

Im vorigen Jahrhundert haben die Erfolge der Roggen- und Zuckerrübenzüchtung bahnbrechend der Züchtung der übrigen Kulturpflanzen den Weg bereitet. Die von VILMORIN schon 1856 empfohlene und später von Gebrüder DIPPE in die Praxis der Zuckerrübenzüchtung eingeführte Individualauslese mit Prüfung der Nachkommenschaften führte nicht nur bei der Rübe und beim Roggen zu schnellen Erfolgen, sondern bei Weizen, Gerste, Hafer und anderen Selbstbefruchtern zur Züchtung zahlreicher neuer Sorten.

Mit dem Beginn des Jahrhunderts und der Wiederentdeckung der MENDELSCHEN Vererbungsgesetze tritt aber auch in der Pflanzenzüchtung eine Wende ein. Die planmäßige Anwendung der Kombinationszüchtung verlegte das Schwergewicht auf die Züchtung der Selbstbefruchter und führte zur allgemeinen Anwendung des deutschen Ausleseverfahrens und der Ramschmethode, der wir so viele hervorragende neue Kultursorten zu verdanken haben.

Zur selben Zeit, als bei den Selbstbefruchtern die Anwendung der Kombinationszüchtung und der Auslese reiner Linien zu immer neuen Erfolgen führte, kam die Züchtung der Fremdbefruchter und vor allem der Zuckerrübe zu einem Stillstand. In meiner Kritik der Familienauslese (13) konnte ich zeigen, daß dieses Verfahren nach großen Anfangserfolgen bald zu einem toten Punkt gelangen mußte, da die theoretische Grundlage ihrer Wirksamkeit — wie sie die Hypothese PANSCHINS (9) und anderer Vererbungsforscher (1) voraussetzt — nicht gegeben ist, da die Bestäubung der Mutterpflanzen nicht gleichmäßig, sondern spezifisch (3), die Befruchtung der Mutterrüben nicht zufällig, sondern selektiv erfolgt (12) und die Leistung der Nachkommenschaften schon wegen der unbestimmbaren und ephemeren Heterosiswirkung keinen sicheren Schluß auf den Erbwert der Mutterrüben ermöglicht. Noch weniger konnte eine Auslese aus den besten Nachkommenschaften zu einem dauernden Erfolg führen, da gerade die höchste Leistung von den heterozygoten Nachkommenschaften erreicht wird, aber nicht stabilisiert werden kann. Eben deshalb führte dieses Verfahren viel langsamer, als es zu erwarten gewesen wäre, zur Inzucht und Homozygotie der Sorten; aber bald zu einem Stillstand, der sich auch in dem Abfall der Vitalität, in den sinkenden europäischen Zuckererträgen zeigte.

Der Anstieg der deutschen Zuckerernten in den 30er Jahren, der der genialen Idee ROEMERS (10), nämlich dem Frühbau der Rüben, zu verdanken ist und mit der Züchtung schoßfester Rüben einen unbestreitbaren Züchterfolg brachte, ändert nichts an der Tat-

sache, daß seit Beginn des Jahrhunderts Ertragsfähigkeit, Vitalität der Zucker- und Futterrübensorten nicht mehr wesentlich verbessert werden konnten. Und doch bahnte sich seit Beginn der 20er Jahre bei einer wichtigen fremdbefruchtenden Pflanze, nämlich dem Mais, ein Erfolg an, der in der Geschichte der Pflanzenzüchtung einzig dasteht und in ausdauernder Arbeit seit den 30er Jahren in die große Praxis überführt, in den Vereinigten Staaten von Nord-Amerika zu einer ungeahnten Steigerung der Maisernten führen sollte (5).

Der Mais, dessen leicht und im großen praktisch durchführbare Kastrierbarkeit die Erzeugung von Hybriden im großen und die praktische Anwendung der Heterosiszüchtung, also der Verwendung von Kreuzungssaatgut von der ersten Generation ermöglicht hatte, zeigt uns die Wege, die in der Züchtung der Fremdbefruchter beschritten werden müssen, um zu neuen Erfolgen, vitaleren, ertragsfähigeren und resistenteren Sorten zu gelangen. Schon FRIMMEL (4) konnte zeigen, daß bei einer zweihäusigen Pflanze, wie dem Spinat, Heterosiswirkung — ähnlich wie bei Mais — zu erreichen ist, und seither ist es bei zahlreichen Pflanzen, selbst bei leicht kastrierbaren Selbstbefruchtern, wie bei Tomaten (2) und dem Paprika gelungen, durch Erzeugung von Heterosisorten die Erträge und Qualität einzelner Kulturpflanzen wesentlich zu steigern. Kann aber von Heterosiszüchtung bei Rüben, also bei nicht oder im großen praktisch nicht kastrierbaren fakultativ allogamen Pflanzen gesprochen werden?

Beim gemeinsamen Abblühen zweier solcher Pflanzen, Stämme oder Sorten sind doch nach der bekannten Formel nur 50% Hybriden zu erwarten, während 25% aus der Nachbarbestäubung der einen, 25% aus der der anderen Elternsorte bestehen sollten.

$$A \times B \rightarrow AA + AB + BA + BB$$

Schon 1939 konnte ich feststellen, daß bei der freien Bestäubung zweier Rüben in der Nachkommenschaft Hybriden in viel größerer Zahl, ja nicht selten 100% Hybriden auftreten. Diese Feststellung wurde zwar vielfach angezweifelt, aber von L. OLAH 1950 bei der Kreuzung von Zucker- und Futterrüben bestätigt (8). SCHWEMMLE (11) fand in *Oenothera Bertheriana* eine isogame Komplexheterozygote, bei der die reciproke selektive Befruchtung die Entstehung homozygoter Formen ausschließt, weil die A Pollenschläuche die B Samenanlagen befruchten und so die B Schläuche mit den A Samenanlagen kopulieren.

$$A \times B \rightarrow AB + BA$$

AA und BB — homozygote Nachkommen — entstehen also in diesem Falle überhaupt nicht. Die Art bleibt unverändert heterozygot und zeigt uns damit die vielversprechende, aber noch weit entfernte Möglichkeit der Züchtung konstant heterozygoter Heterosiskreuzungen.

Wir müssen also die Selektionsvorgänge in der Gametophase nicht nur erforschen, sondern können dieselben gerade bei der Heterosizüchtung nicht kastrierbarer fakultativ allogamer Pflanzen praktisch verwerten. Der Begriff ist allerdings noch nicht genügend scharf umrissen.

Tabelle 1. Die Grenzfälle der selektiven Befruchtung $A \times B$.

Panmixis		AA + AB + BA + BB
Gegenseitige	} Selektivität	AB + BA
Einseitige a		AA + AB + BA
b		AB + BA + BB
Gegensinnige a		AA + BA
b		AB + BB
Pollensterilität		AsB + BB
Selbstfertilität oder	} Letalität der Hybriden	AA + BB
Letalität der Hybriden		

Im weitesten Sinne des Wortes sprechen wir von „selektiver Befruchtung“ in allen Fällen, bei denen die Zusammensetzung der Nachkommenschaft freier Bestandeskreuzungen signifikant von den auf Grund der Wahrscheinlichkeitsrechnung zu erwartenden Zahlenverhältnissen abweicht. Diese „Selektivität“ wirkt positiv oder negativ, je nachdem mehr oder weniger Hybriden vorhanden sind als theoretisch zu erwarten war; einseitig $A \rightarrow B$, oder gegenseitig $A \leftrightarrow B$, je nachdem nur bei der Nachkommenschaft des einen oder beider Eltern die Abweichung von der Zufallsverteilung zu beobachten ist. Gegensinnig ist die Selektivität, wenn die Nachkommenschaft des einen Eltern eine positive, die des anderen Eltern eine negative Abweichung von der Zufallsverteilung aufweist, wie dies z. B. häufig bei Bestandeskreuzungen di- und tetraploider Rüben der Fall ist.

Wir benötigen diesen weiteren Begriff der Selektivität, da ja meist die tieferen Ursachen der Abweichungen von der Zufallsverteilung nicht näher bekannt sind. Von einer „selektiven Befruchtung“ im eigentlichen Sinne des Wortes kann aber nur gesprochen werden, falls die Befruchtung selbst nicht zufällig, sondern selektiv erfolgt; die Ätiologie der Selektivität in der Gametophase ist noch wenig geklärt, meist nimmt man an, daß der fremde Pollen auf der fremden Narbe schneller oder langsamer keimt, die Schläuche im fremden Narbengewebe langsamer oder schneller wachsen als in dem eigenen oder, wie dies von einigen sowjetischen Forschern (16) angenommen wird, die mütterliche Keimzelle selbst über ein Wahlvermögen verfügt, das vielleicht auf einen verschiedenen Chemismus der verschiedenen Keimzellen zurückzuführen ist. Wie dem auch sei, die Tatsache einer selektiven Befruchtung, einer Euselektivität im engeren Sinne des Wortes, kann nicht bestritten werden, auch wenn es noch nicht geklärt ist, wie weit dieselbe im Pflanzen- und Tierreiche verbreitet und durch äußere Einflüsse verändert werden kann. Von „Paraselektivität“ sprechen wir, falls die geringe Keimfähigkeit oder Keimungsenergie des Pollens oder dessen völlige Sterilität eine Verschiebung in den Zahlenverhältnissen der Nachkommenschaft bewirkt und damit eine Selektivität vortäuscht. Im Extremfall:

$$A_s \times B \rightarrow A_s B + BB$$

fallen nach dem pollensterilen Elter 100% Hybriden, während die Samen des selbstfertilen Partners muttergleich sind. So besteht in diesem Falle die gesamte Nachkommenschaft — wie im Falle der freien gegenseitigen Befruchtung — zu 50% aus Hybriden.

Gerade umgekehrt liegen die Verhältnisse im Falle der Pseudoselektivität: auch wenn die Befruchtung zufällig erfolgt, kann die geringere Vitalität, das vorzeitige Absterben der Hybridenembryonen eine Abweichung von der Zufallsverteilung bewirken, die so weit gehen kann, daß Heterozygote in der Nachkommenschaft überhaupt nicht gefunden werden,

$$A \times B \rightarrow AA + BB$$

wie z. B. im Falle des diploiden und tetraploiden Rotklee, bei dem die beiden Elternsorten auch in gemischten Beständen rein erhalten bleiben.

Es darf natürlich nicht vergessen werden, daß die Abweichungen von der zu erwartenden Zusammensetzung der Nachkommenschaften freier Bestandeskreuzungen auch von dem Zahlenverhältnis der Eltern, oder, genauer, von dem Verhältnis der keimfähigen Pollen und befruchtbarer Blüten, also der Zahl der Gameten abhängt. Wie wir später sehen werden, kann durch eine entsprechende Verschiebung der Zahl der Eltern bei Bestandeskreuzungen die Zusammensetzung der Nachkommenschaften planmäßig gelenkt und damit der Heterosiseffekt der Nachkommenschaften verbessert werden.

Die Leistung der Nachkommenschaften frei abblühender Gemische zweier fakultativ allogamer Sorten oder Stämme oder Individuen kann durch nachstehende Formel ausgedrückt werden:

$$A \times B \rightarrow AA + AB + BA + BB$$

$$H\% = \frac{n_1 h_1 + n_2 h_2 + n_3 h_3 + n_4 h_4}{100}$$

in der H% die Leistung der Nachkommenschaft (oft als D bezeichnet) in % der rayonierten Standardsorte, n_{1-4} das prozentuelle Verhältnis der einzelnen Glieder (AA = 1, AB = 2, BA = 3, BB = 4), h_{1-4} die Leistung der einzelnen Glieder in % der rayonierten Standardsorte bedeutet, wobei der Züchter — abweichend vom Genetiker — die Heterosiewirkung nicht an der Leistung der Elternsorten, sondern an der der rayonierten Standardsorte mißt. Es könnte sonst leicht vorkommen, daß die Hybriden zweier degenerierter Inzuchtstämme eine gewaltige Heterosiewirkung zeigen und dabei doch im Ertrag hinter der Standardsorte zurückbleiben.

Die obige Formel zeigt deutlich, daß der scheinbare Heterosiseffekt der „D“-Population — der ersten Nachkommenschaft aus der Bestandeskreuzung zweier frei abblühender, fakultativ allogamer Sorten oder Stämme — vom prozentuellen Anteil an Hybriden einerseits und der Leistung dieser Hybriden andererseits abhängt.

Es würde zu weit führen, falls ich in diesem Beitrage die Möglichkeiten der Steigerung gegenseitiger Fremdbefruchtung und Heterosiewirkung näher untersuchen wollte. Es liegt im Wesen der Heterosizüchtung, der einmaligen Verwendung von Gebrauchskreuzungen, daß wir uns hierbei nicht nur auf genotypische Veränderungen beschränken, sondern alle Möglichkeiten in Anspruch nehmen, die eine Steigerung der Heterosiewirkung ermöglichen.

Bei der Polyploidisierung von Futter- und Zuckerrüben, die von uns in Sopronhorpács seit mehr als 15 Jahren mit kurzen Unterbrechungen unentwegt und unbeirrt fortgesetzt wird, hat es sich gezeigt, daß die tetraploiden Formen im allgemeinen die Leistung der Diploiden nicht oder kaum übertreffen, daß dagegen die durch Kreuzung von Tetra- und Diploiden erhaltenen triploiden Hybriden eine bisher unerreichte Vitalität und Ertragsfähigkeit aufweisen. Die großen, dicken und ungewöhnlich breiten Blätter der Hybriden sitzen auf kurzem, kräftigem Blattstiel, ihre Transpiration ist verhältnismäßig gering, ohne daß dadurch die Assimilation zurückbleiben würde. Im Gegenteil, gerade dies scheint ihre erhöhte Trockenheitswiderstandsfähigkeit und Resistenz zu erklären. Überraschend ist der hohe Zuckergehalt der Polyploiden, da doch — ähnlich wie bei anderen polyploiden Arten — nach der Polyploidisierung und der damit verbundenen Zellvergrößerung ein Abfall im Trockensubstanzgehalt und eine Verminderung der Zellsäftekonzentration zu erwarten war. Der Gehalt an schädlichem Stickstoff und löslicher Asche ist geringer, der Reinheitsquotient höher als bei den diploiden Ausgangssorten. Die Einkeimigkeit der großen Knäule ist zwar keine vollkommene, bedeutet aber doch einen unschätzbaren wirtschaftlichen Vorteil, dem nur die langsamere Keimung als Nachteil gegenübersteht. Der Samenertrag der Bestandeskreuzung ist normal und bleibt hinter den Diploiden nicht zurück, was deshalb besonders bemerkt werden muß, da im allgemeinen der Samenertrag der Polyploiden geringer zu sein pflegt.

Es kann daher festgestellt werden, daß die Erzeugung triploider Bestandeskreuzungen zur Züchtung neuer und ertragsfähiger Sorten geführt hat, über deren Erfolge in in- und ausländischen Versuchen folgende Tabellen ein vorläufiges Bild geben.

Tabelle 2. Zusammenfassender Auszug aus den Versuchen des Institutes für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau in Sopronhorpács. (8 Versuchsstellen, je 6 Wiederholungen. Jahrbuch 1955 des Institutes.)

Sorten	Rüben-ertrag q/Joch	Zuckergehalt %	Zucker-ertrag q/Joch
Beta 1 (Poly)	296,6	16,86	40,10
Beta 3 (Poly)	298,3	16,31	38,48
Beta K 91	286,8	16,59	38,24
PZHR ₄	284,4	15,61	35,44
Kleinwanzl. Poly	269,2	16,16	35,18
Dobrovicz N	282,0	15,59	34,24

Tabelle 3. Auszug aus dem Jahresbericht 1955 des Ungarischen Institutes für Pflanzensortenprüfungen. (8 Versuchsstellen, 7 Wiederholungen.)

Sorten	Rüben-ertrag q/Joch	Zuckergehalt %	Zucker-ertrag q/Joch
Beta 1 (Poly)	274,2	16,89	38,79
Beta 3 (Poly)	273,7	16,78	37,59
Beta K 91	259,6	16,56	35,41
Kleinwanzl. CR	248,8	16,41	33,64
Kleinwanzl. E.	254,9	15,93	30,40
Dobrovicz N	240,6	15,61	30,06

Ich möchte aber erwähnen, daß nicht nur bei Zuckerrüben-, sondern auch bei Futterrüben, Zichorie, Stoppelrüben und anderen fakultativ allogamen Arten die Züchtung von Polyploiden uns die Möglichkeit in die Hand gibt, Heterosisorten von ungewöhnlicher Vitalität und Ertragsfähigkeit zu erzeugen.

Tabelle 4. Auszug aus dem Jahresbericht 1955 des Ungarischen Institutes für Zuckerindustrie. (11 Versuchsstellen, 5 Wiederholungen.)

Sorten	Rüben-ertrag q/Joch	Zuckergehalt %	Zucker-ertrag q/Joch
Beta 1 (Poly)	237,0	17,03	31,05
Beta 3 (Poly)	241,2	16,52	30,00
Beta K 91	223,7	16,29	27,24
PZHR ₄	224,8	15,41	26,01
Dobrovicz N 2	218,6	15,91	25,59

Tabelle 5. Auszug aus dem Jahrbuch 1955 des Institutes für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau in Sopronhorpács, Ungarn
Großbetriebs — Sortenversuche 1955.

Sorten	Rüben-ertrag q/Joch	Zuckergehalt %	Zucker-ertrag q/Joch
Gázló			
Beta 4 (Poly)	160	16,—	25,6
Beta K 91	145	15,2	22,—
R 1745	130	13,6	17,7
Paládics			
Beta 4 (Poly)	158	17,7	27,9
Beta K 91	165	16,3	26,9
Kleinwanzl. E.	144	16,6	23,9
Parzellengröße: 5 KJoch			

Tabelle 6. Auszug aus „Vorläufige Mitteilungen von Versuchsergebnissen der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung, Wien, 1955“.
Zuckerrübensortenversuche 1955.

Sorten	Blätter-ertrag Rel.	Rüben-ertrag Rel.	Zucker-ertrag Rel.	Zuckergehalt %
Stetteldorf				
Beta 1 (Poly)	136,6	117,2	119,4	14,86
Hilleshög K Poly	82,5	114,2	109,1	13,96
Kleinwanzl. Poly	86,2	110,7	108,5	14,32
Beta 242-53	109,6	107,0	106,7	14,54
Kleinwanzl. N	90,3	98,5	95,1	14,13
Draßburg				
Beta 1 (Poly)	111,4	113,9	113,0	16,07
Beta 242-53	113,5	108,5	106,5	15,90
Kleinwanzl. Poly	80,1	98,9	97,0	15,93
Hilleshög K Poly	81,2	97,9	95,5	15,82
Kleinwanzl. N	89,8	96,8	94,9	15,90

Tabelle 7. Auszug aus „Vorläufige Mitteilungen von Versuchsergebnissen der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung, Wien, 1955“.

Sorten	Erträge		Zuckergehalt % Rel.
	Rübe Rel.	Zucker Rel.	
Hilleshög K Poly	120,9	119,9	98,1
Beta 1 (Poly)	113,7	116,0	101,9
Beta K 91	110,5	110,4	100,0
Kleinwanzl. Poly	108,3	107,4	98,9
Beta 242-53	105,1	105,1	99,9
Kleinwanzl. N	99,4	96,9	96,8

Die planmäßige Züchtung und Erhaltung triploider Heterosispopulationen erfordert aber die Anwendung zweckentsprechender neuer Ausleseverfahren. Die rekurrente Selektion auf reciproke Kombinationsfähigkeit (das RR-Verfahren) ist besonders der Erzeugung triploider Rüben angepaßt, bei der reciproke Selektivität und Heterosiswirkung des di- und tetraploiden Partners gesteigert und fixiert werden muß,

die Anwendung der Polycrossmethode also nicht in Betracht kommt.

Ausgangsmaterial der Selektion sind zwei auf Grund reciproker Probekreuzungen miteinander gut kombinierende di-, resp. tetraploide Sorten.

Da die Leistung der Nachkommenschaft nach der Formel

$$H\% = \frac{n_1h_1 + n_2h_2 + n_3h_3 + n_4h_4}{100}$$

von der Zahl der Hybriden (1) und von ihrer Leistung (2) abhängt, ist es Aufgabe der Selektion solche Mütter auszusuchen, die (1) von der Vatersorte bevorzugt befruchtet werden und (2) hochleistungsfähige Hybriden ergeben.

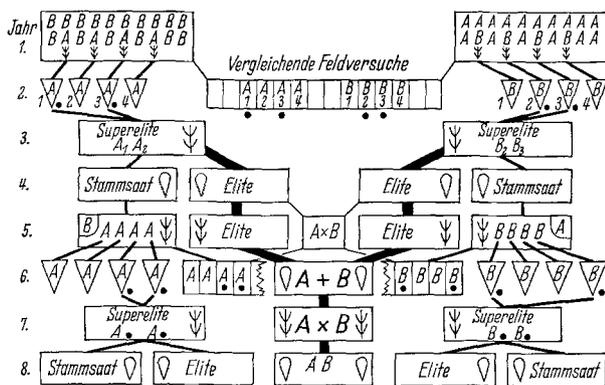


Abb. 1. Rekurrente Selektion auf reciproke Kombinationsfähigkeit

Die reciprok rekurrente Auslesemethode geht von der Voraussetzung aus, daß die Nachkommenschaften der bestkombinierenden Mütter miteinander gekreuzt eine gesteigerte Selektivität und Heterosiswirkung ergeben.

Die Klonisierung der Mütter und die willkürliche Lenkung der generativen Entwicklung der Klone ist die technische Vorbedingung des Verfahrens, von deren einwandfreien Durchführung der Erfolg abhängt.

Es muß daher hier kurz die Methodik der vegetativen Vermehrung besprochen werden.

Die einfachste Methode ist die Teilung der Mutterrüben, der aber enge Grenzen gesetzt sind. Unter unseren klimatischen und Bodenverhältnissen ist eine Teilung in mehr als 6 Segmente praktisch nicht durchführbar. Wenn daher eine weitere vegetative Vermehrung notwendig ist, kann zur Klonisierung der Augen des Kopfes geschritten werden. Die Bewurzelung dieser — oft mehr als 100 — Augen bedarf aber einer sorgfältigen Technik und klimatisierter Glashäuser.

Leichter und in vieler Beziehung zweckmäßiger ist die vegetative Vermehrung aus Stengelgliedern der Samenträger. Auch gibt diese Methode uns die Möglichkeit, bis zur Blüte der Samenträger eine vegetative Vermehrung der einzelnen Mutterrüben durchzuführen.

Schließlich haben wir in Sopronhorpács die Vermehrung aus Trieben remontierender Samenträger ausgearbeitet, die den Vorteil haben, daß auch nach der Samenernte aus schlafenden Augen austreibende Sprosse für die vegetative Vermehrung verwendet werden können.

Obgleich theoretisch die verschiedenen Methoden der vegetativen Vermehrung zu demselben Ziel, nämlich der unveränderten genetischen Erhaltung der

Mutterrüben, führen, muß doch untersucht werden, ob und in welchem Maße die einzelnen Verfahren geeignet sind, ein vollwertiges Saatgut zu erzeugen. Auch ist es noch nicht geklärt, ob nicht ein Altern und Überaltern der Klone, die Verschiedenheit der einzelnen Augenknochenvariationen und dergleichen zu einer Degeneration des Klones führen können. Mit anderen Worten: wie lange eine Rübe genetisch und physiologisch unverändert vegetativ erhalten werden kann. Diese Frage ist um so aktueller, als die Klonisierung leicht zu einer Infektion der Stecklinge mit Yellow- und Mosaikvirus führen kann und so sich indirekt schädlich auf die Vitalität der Nachkommenschaften auswirken kann.

Es liegt die Frage nahe, ob an Stelle der Klonisierung nicht eine erzwungene Selbstbefruchtung (Tütenisolierung) der Mutterrüben verwendet werden kann, wie dies bei Mais von CORNSTOCK empfohlen wurde. Da bei fakultativ allogamen, nicht kastrierbaren Pflanzen die reciproke Selektivität die Voraussetzung für die erfolgreiche Hybridisierung, Bestandeskreuzung ist, bei der Isolierung aber eine Kontraselektion auf Selbstfertilität erfolgen würde, kann nur im Falle der Einkreuzung mit plasmatisch pollensterilen Linien an die Verwendung von Inzuchtlinien gedacht werden.

Die Auslese der Mutterrüben aus den Topcrossing-Parzellen erfolgt in zwei Etappen:

1. auf Selektivität: Bestimmung der Zahl der Hybriden in der Nachkommenschaft,
2. auf Heterosiswirkung: Bestimmung der h_1 — der Leistung der Hybriden.

Zu 1: Die Auslese auf Selektivität, die cytologische Kontrolle der Nachkommenschaft der einzelnen Mutterrüben erfolgt noch im Laufe des Herbstes und Winters. Nur die Nachkommenschaften mit überwiegend triploiden Rüben gelangen im nächsten Jahr in die vergleichenden Sortenversuche.

Zu 2: Die Durchführung der Leistungsprüfung — wir arbeiten in Sopronhorpács mit der Gitterquadratmethode — gibt uns die Möglichkeit nach folgender Formel die Leistung der Triploiden zu messen und so die wertvollsten Mutterrüben zu erkennen. Auf Grund der Formel

$$h_2 = \frac{100 H\% - h_1 \times n}{n_2}$$

kann die Leistung der Hybriden aus der im vergleichenden Feldversuch bestimmten Leistung $H\%$ der Heterosispopulation D errechnet werden.

Die Klone der besten Mutterrüben werden gemeinsam und systematisch gemischt, als Samenträger ausgesetzt und gleichzeitig für eine Probekreuzung mit der reciproken Klonpopulation verwendet. Hierbei ist das richtige Zahlenverhältnis der di- und tetraploiden Eltern für jeden Fall zu klären, um so die Unterlagen für die Erzeugung des Heterosissaatgutes im großen zu sichern.

Im nächsten Jahre gelangen die Samenernten der Klonpopulationen A_x und B_y zum Anbau als Ausgangspunkt für die weitere Selektion, während die Probekreuzung (AB, BA und AB + BA) in vergleichenden Versuchen auf den Erfolg der Selektion geprüft wird.

Je mehr Mutterrüben geprüft werden, um so größer ist die Wahrscheinlichkeit, daß

1. die wertvollsten Rüben aufgefunden werden,
2. eine Verarmung der beiden Elternpopulationen vermieden wird.

Die rekurrente Selektion auf reciproke Kombinationsfähigkeit ermöglicht also eine stetige Steigerung der Heterosiswirkung in der Nachkommenschaft zweier Kreuzungspartner ohne Minderung ihrer Vitalität und Plastizität.

Es wäre natürlich falsch, die weitere Zuchtarbeit bei Rübe ausschließlich auf Heterosis und Polypleide aufbauen zu wollen. Neben dieser vielversprechenden Methode müssen auch andere Wege zur Erzeugung ertragsreicher, vitaler und resistenter Sorten beschritten werden.

Zusammenfassung

Bei freier Bestandeskreuzung tetra- und diploider Rüben erhält man Heterosispopulationen ungewöhnlicher Vitalität. Ihre Ertragsfähigkeit und Qualität ist um so besser, je mehr triploide Hybriden in der Nachkommenschaft vorhanden sind und je höher die Leistung dieser Hybriden ist.

Auf Grund der vom Verfasser ausgearbeiteten Methode der rekurrenten Selektion auf reciproke Kombinationsfähigkeit (dem RR-Ausleseverfahren) kann der Heterosiseffekt der Nachkommenschaft „D“ zweier gemeinsam frei abblühender Populationen fakultativ allogamer Pflanzen planmäßig und stetig gesteigert werden, ohne durch Inzucht die Vitalität und Anpassungsfähigkeit der Kreuzungspartner zu mindern.

Literatur

1. BAUR, E.: Die wissenschaftlichen Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Berlin, P. Parey (1921). — 2. DASKALOFF, C.: Die Heterosis und ihre Anwendung in dem Gemüsebau. Vortrag a. d. Ung. Akad. d. Wissenschaften, Budapest, 3. 9. 1954. — 3. DRÜSEDAU, E.: Untersuchungen über die Bestäubungsverhältnisse innerhalb frei abblühender Populationen bei fremdbefruchtenden Pflanzen. Zeitschr. f. Pflztg. **32**, 421—444 (1953). — 4. FRIMMEL, F. u. L. HRUSKA: Heterosis a jeje vyzniti ve slechteni. Za socialist. Zemed. 1955. 3. 129—138. Pl. Breed. Abstr. 25. 3. No. 1935 (1955). — 5. HAYES, H. K., F. R. IMMER u. D. C. SMITH: Methods of Plant Breeding. Mc. Graw Hill Publ. Co. Ltd. 1955. 2nd Ed. — 6. HEINISCH, O.: Aktuelle Probleme der Zuckerrübenzüchtung. S. Hirzels' Verl. Leipzig (1954). — 7. LYSSENKO, T. D.: Agrobiologia. Landw. Verl. Budapest, 1950. (Ungarische Übersetzung des russischen Original-Textes.) — 8. OLÁH, L.: La fecundación de *Beta vulgaris*. Rev. Invest. Agric. Buenos-Ayres **4**, 427—436 (1950). — 9. PANSCHIN, B. A.: Zuckerrübenzüchtung (aus Wawilow's Theoretische Grundlagen der Pflanzenzüchtung). Leningrad (1937). — 10. ROEMER, TH.: Aussaatzeitenversuch 1927—1936 mit 3 Zuchtrichtungen. Zuckerrübenbau **3**, (1937). — 11. SCHWEMMLE, J. u. W. KOEPCHEN: Weitere Untersuchungen zur selektiven Befruchtung. Zeitschr. f. indukt. Abst. u. Vererbungsl. **85**, 307—346 (1953.) — 12. SEDLMAYR, K.: Rübenzüchtung. VILLAX, Ö.: Pflanzenzüchtung, Bd. II. 296—344 (1947). Patria Verl., Budapest. — 13. SEDLMAYR, K.: Kritik der Familienauslese bei *Beta vulgaris*. Növénytermelés **3**, 33—36 (1954). — 14. SEDLMAYR, K.: Polypleide Zuckerrüben. Bodenkultur **3**, 235—243 (1955). — 15. SEDLMAYR, K.: Heterosis bei nicht kastrierbaren fakultativ allogamen Kulturpflanzen. Wiss. Zschr. der Karl-Marx-Univ. Leipzig, 5. Jahrg. 1955/56. Mathem.-Naturwiss. Reihe H. 3. (Im Druck.) — 16. TURBIN, N. V.: Vererbungslehre und die Grundlagen der Pflanzenzüchtung. Landw. Verl. Budapest, 1952. (Ung. Übersetzung des russischen Original-Textes.)

(Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung [Erwin-Baur-Institut] Abt. f. Kulturpflanzenzüchtung, Hamburg-Volksdorf)

Die papierchromatographische Bestimmung der einzelnen Säure- und Zuckerarten als Grundlage für die Auslese auf Wohlgeschmack bei Obst, Beerenobst und Gemüse*

Von CHR. JORDAN, F. KORTE, R. VON SENGBUSCH

Mit 24 Textabbildungen

Die Züchter von Obst, Beerenobst und Gemüse sind seit langem daran interessiert, die Auslese auf geschmackliche Qualität mit Hilfe chemischer Methoden durchzuführen. Nur beim Vorhandensein chemischer Schnellbestimmungsmethoden läßt sich eine wirksame Auslese oder Vorauslese auf Geschmack an einem zahlenmäßig großen Material vornehmen.

Wir haben vor über 20 Jahren bereits einmal den Versuch gemacht, solche chemischen Methoden zur Bestimmung der Zucker- und Säurekomponenten des Geschmacks zu entwickeln.

Bei der Säure scheideten diese Versuche daran, daß die Schnellbestimmungsmethoden nur zur Bestimmung des Gesamtsäuregehaltes brauchbar waren. Beim Zucker ließen sich weder die Gesamtmenge noch die einzelnen Zuckerarten qualitativ, geschweige denn quantitativ bestimmen. Sowohl die FEHLING'sche als auch die polarimetrische und refraktometrische Me-

thode sind für die Bestimmung des Süßwertes ungeeignet.

Wir haben dann die organoleptische Methode der Geschmacksbestimmung im großen in der Züchtung angewendet und dafür zunächst die Menschen ausgelesen, die für eine solche Prüfung besonders gut geeignet waren; d. h. die, die

1. in der Lage waren, den Geschmack von Früchten reproduzierbar zu bestimmen,
2. nur geringe Ermüddungserscheinungen bei diesen Prüfungen aufwiesen, und
3. in der Lage waren, ohne körperliche Schäden eine große Zahl von Prüfungen durchzuführen.

Mit Hilfe der organoleptischen Methode haben wir jährlich etwa 10000 Prüfungen von Erdbeerklonen durchgeführt. Wir haben Klone gesucht und gefunden, deren Früchte nach dem Gefrieren und Wiederauftauen nicht den typischen Gefriergeschmack besitzen.

Der Wunsch nach dem Vorhandensein geeigneter chemischer Schnellbestimmungsmethoden des Ge-

* Diese Arbeiten wurden mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft durchgeführt.