

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Untersuchungen über Inzuchtlinien der Zuckerrübe und ihre Kombinationseignung

Von G. BANDLOW

Mit 9 Abbildungen

Die Literatur über dieses Thema, die SCHWANITZ (1940) und EICHHOLZ (1961) zusammengestellt haben, zeigt ein vielfältiges Bild. Aus der Fülle der Beobachtungen und Untersuchungen, auf die wir im einzelnen hier nicht eingehen, seien einige Punkte herausgegriffen. Die Vorstellungen über die Selbstfertilität bzw. Selbststerilität der Zuckerrübe fallen bei den einzelnen Bearbeitern überraschend verschieden aus und können sich sogar widersprechen, doch im ganzen ist Allogamie bei der Zuckerrübe festgestellt worden. Inzuchtwirkungen sind auf verschiedenen Wegen angestrebt worden; sie führen von Selbstbefruchtung über Geschwister- und Halbgeschwisterbefruchtung bis zur lockeren Verwandtschaftskreuzung. Auch die Anzahl der aufgezogenen Inzuchtgenerationen und der untersuchten Linien schwankt sehr. Häufig waren Versuche züchterisch ausgerichtet und sollten die Kombinationseignung klären. Dabei differieren die Ergebnisse stark. Das beruhte gelegentlich auf nicht einwandfreier Isolierung der Rüben und damit irrtümlicher Auslegung von Versuchsdaten, häufig aber auf verschiedenem genetischem Verhalten von Sorten, Varietäten, Formen, ja selbst Individuen.

Spezielle Untersuchungen über einzelne Inzuchtstufen fehlen bisher und werden hier mitgeteilt. Die Inzuchtlinien sind anfänglich durch Selbstung und später zunehmend durch kontrollierte Geschwisterbefruchtung gewonnen worden.

Auch die Kombinationseignung dieser Inzuchtlinien ist auf verschiedenen hohen Stufen geprüft worden, mehrjährig an diploiden und einjährig an tetraploiden Zuckerrüben.

Material und Methode

Die verwendeten Zuckerrüben stammen von Populationen der Zuchtrichtungen N und E, die vom Jahre 1953 an als Einzelpflanzen zur Selbstbefruchtung mittels Tütenisolierung gezwungen wurden. Der Zuckerrübensamentträger ist gegen Beutelung freilich empfindlich, indem offenbar die Transpirationseuchtigkeit der Blätter den Pollen ungünstig beeinflussen kann. Es wurden daher stets größere Blätter entfernt und im allgemeinen ein Seitentrieb mit 7 bis 10 möglichst weit entwickelten Folgetrieben in Pergament- und später Pergaminersatztüten gebeutelt sowie durch Watte und Bindfaden eingeschlossen. Dadurch wird zwar das Eindringen fremden Pollens verhindert, aber auch jegliche Luftzirkulation unterbunden, die zur Verbesserung des ungünstigen Tütenklimas wünschenswert wäre. Die Tüten hatten etwa eine Größe von 17×40 cm. Der Umfang der Beutelungen geht aus Tabelle 1 hervor. Die Ausgangspflanzen wurden in zwei Serien gebeutelt, die erste 1953, deren I_1 zweijährig und folgende I_x einjährig angezogen waren, die zweite Serie 1954 mit stets ein-

jährig aufgezogenen Nachkommenschaften. Das Saatgut wurde nach der Ernte im Oktober — spätestens bis Mitte November — im Gewächshaus ausgesät und die Jungpflanzen in Töpfen bis etwa Ende Februar in einem kühlen Haus bei $\pm 10^\circ \text{C}$ belassen. Dann kamen sie ins Frühbeet und erhielten hier etwa vier Wochen lang den Kälteschock und wuchsen gleichzeitig. Diese zunehmende physiologische Reife schafft die Voraussetzung für die Schoßauslösung durch niedrige Temperaturen. Mit dieser Methode kommen etwa 95% der Pflanzen zum Blühen.

Um die Kombinationseignung der entwickelten Inzuchtlinien zu prüfen, wurden diese in einem Tastversuch diallel gekreuzt, die beiden Partner jeweils zu 2×8 Pflanzen in der Reihenfolge abab in einer mit 8 m Hanf isolierten Parzelle. Die Ernte beider Eltern erfolgte im Jahre 1957 gemeinsam, 1961 getrennt. Wir haben diese arbeits- und platzaufwendige Methode 1960 durch den Polycross-Test abgelöst, der in unserem Institut in der fraglichen Zeit auf seine Brauchbarkeit geprüft wurde. Die Versuche wurden nach folgender Methode angelegt:

: 10	: 20	: 1	: 11	: 2	: 12	: 3	: 13
: 9	: 19	: 10	: 20	: 1	: 11	: 2	: 12
: 8	: 18	: 9	: 19	: 10	: 20	: 1	: 11
: 7	: 17	: 8	: 18	: 9	: 19	: 10	: 20
: 6	: 16	: 7	: 17	: 8	: 18	: 9	: 19
: 5	: 15	: 6	: 16	: 7	: 17	: 8	: 18
: 4	: 14	: 5	: 15	: 6	: 16	: 7	: 17
: 3	: 13	: 4	: 14	: 5	: 15	: 6	: 16
: 2	: 12	: 3	: 13	: 4	: 14	: 5	: 15
: 1	: 11	: 2	: 12	: 3	: 13	: 4	: 14
♂ 1♀ ♂ 2 3 4 5 6 7 → 20 ♀							

Von jeder Mutterlinie blühten 10 Samenträger ab. Um sie herum standen je zwei Pflanzen der übrigen Inzuchtlinien als Pollenspenden. Die gesamte Versuchsanlage war durch Hanf isoliert. Dieser Methode liegt der Gedanke zugrunde, daß jede Linie von allen anderen bestäubt wird. Gleichzeitig bestäuben sich aber auch die 10 Pflanzen jeder Mutterlinie teilweise untereinander, so daß die erwartete Wirkung noch unvollständig ist, aber ausreicht, um Anhaltspunkte für die allgemeine Kombinationseignung zu gewinnen. KNAPP (1958) hat diese Methode eingehend diskutiert.

Das Saatgut für alle Testkreuzungen stammt von den in hanfisolierten Parzellen frei abgeblühten letzten Inzuchtstufen. Die Leistung der Bastarde wurde nach der Doppelstandardmethode geprüft. Danach wechselten 8 Prüf- mit 2 Standardnummern ab, jedes Glied mit 116-Sollrüben in 4 Reihen und 12 m lang (Rübenverteilung $40 \times 27,8$ cm).

Die Signifikanzwerte in allen Tabellen sind nach folgender Formel berechnet worden:

$$s_d = \sqrt{\frac{s_d^2}{v}}; \text{GD} = s_d \cdot t.$$

A. Inzuchtversuche mit diploiden Zuckerrüben

Am Institut für Pflanzenzüchtung Kleinwanzleben wird etwa seit dem Jahre 1930 in der Rübenzüchtung eine sogenannte mäßige Inzucht betrieben, die auf gemeinsamem Abblühen von Halbgeschwistern im ersten Jahr und räumlich isolierten Großvermehrungen im siebenten Jahr beruht. Der Anstoß zu den vorliegenden Untersuchungen war seinerzeit die Frage nach verborgenen rezessiven Anlagen in der heterozygoten Zuckerrübe. Bei Selbstung, als der strengsten Form der Inzucht, müssen rezessiv bedingte Merkmale und Eigenschaften herauspalten, und zwar in wechselnder Häufigkeit entsprechend der Anzahl der beteiligten Gene. Im einfachsten Falle wären bei einem monogen bedingten Merkmal A 25% Rezessive aa zu erwarten: $Aa \times Aa \rightarrow 1 AA : 2 Aa : 1 aa$. Ein digen bedingtes Merkmal würde theoretisch in der ersten Nachkommenschaft zu 6,25% und ein trigen bedingtes zu 1,5% auftreten.

Entwicklung von Inzuchtlinien

Methodisch bietet sich für Selbstungen als natürlichste Form die räumliche Isolierung an. Solche Versuche sind in den Jahren 1952 und 1953 in Hausgärten und einem Waldstück begonnen worden, mußten jedoch wegen Verunreinigungen bzw. Zerstörungen abgebrochen werden. Die Versuche konnten daher nur mit Tütenisolationen fortgesetzt werden. Tabelle 1 gibt einen Überblick über Entwicklung und Verhalten der Inzuchtlinien. Jede Linie leitet sich von einem geselbsteten Samenträger ab (I_0). Aus dem gewonnenen Saatgut wuchsen Einzel- bzw. Geschwisterpflanzen heran, die erneut geselbstet wurden (I_1). Bis zu dieser Generation wurde die Knäuelernte der Einzel- und Geschwisterpflanzen, entsprechend der vorhandenen Menge, meist noch gemeinsam aufgearbeitet. In I_2 wurde dann das Saatgut der Geschwisterpflanzen gesondert ausgesät und ihre Pflanzen als I_3 wieder geselbstet. Bei dieser Methode mußte sich das Material zunehmend ausweiten, wenn auch Fruchtansatz und Keimfähigkeit sehr schwankten. So keimten z. B. in der I_3 bei Herbstaussaat des Jahres 1956 von 316 Nachkommenschaften 98 nicht. Trotzdem blieben meist in jeder Linie ein oder mehrere Geschwisternachkommen erhalten — nur gelegentlich fiel eine ganze

Linie aus —, so daß nicht alle Nachkommenschaften vermehrt werden konnten. Es wurden daher in Zukunft nur bestimmte, durchweg die vitalsten Geschwisterschaften vermehrt. Die Anzahl der Inzuchtlinien (zweite Serie 1954) ist bei I_0 bis I_5 von 53 auf 21 zurückgegangen, die ihrer Geschwisternachkommen von 53 auf 39. Diese stellen Unterlinien dar, die den Typ der Ursprungslinie beibehalten oder neue Charaktere herausgespalten haben.

Nach der ersten Beutelung des Jahres 1953 hatten nur 1,3% I_0 -Pflanzen Knäuel angesetzt und in der zweiten Versuchsserie des folgenden Jahres 1954 6,5% I_0 -Pflanzen. Der Unterschied im Fruchtansatz ist sicher witterungsbedingt, indem die heiße Blütezeit 1953 einer Selbstbefruchtung abträglich, die kühle und feuchte Witterung 1954 dieser zuträglich war. Der Unterschied wird andererseits durch die anscheinend geringere Anzahl Knäuel je Tüte im Jahre 1954 abgeschwächt. In den folgenden I-Stufen nimmt die Anzahl der Pflanzen mit Knäueln kontinuierlich zu, wobei wir nur die Tendenz dieser absoluten Zahlenangaben werten dürfen; denn Größe und Verzweigung des einen oder der beiden eingebeutelten Triebe bei Selbst- oder Geschwisterbefruchtung (S, G) variieren. Die ersten Beutelungsgenerationen waren ausschließlich Selbstungen, bei denen auch Nummern durch fehlenden Fruchtansatz ausgefallen sind. Wir hatten daher ab I_4 durchgehend zwei benachbarte Geschwisterpflanzen einer I-Linie mit je einem kleinen Trieb zusammen gebeutelt. Dadurch wird die Stärke der Inzucht etwas abgeschwächt, und die Anzahl Pflanzen mit Knäueln ist sprunghaft gestiegen. Aber auch nach den Selbstungen der I_3 hat die Anzahl Pflanzen mit Knäueln sehr zugenommen. Die Anzahl der Knäuel in den Tüten dagegen bleibt bei den Selbstungen bis I_3 konstant niedrig und nimmt im ganzen erst ab I_4 sehr zu, und zwar sowohl nach Geschwister- als auch nach Selbstbefruchtungen. Die Streuung der Knäuelanzahl wechselt ab I_4 plötzlich, wie Abb. 1 zeigt. Während bis I_3 die meisten Pflanzen nur wenige Knäuel, 1–15, ausgebildet hatten, ist diese Spitze in I_4 und I_5 verschwunden und höhere Knäuelwerte nehmen zu.

Der Anteil tauber Knäuel ist nicht untersucht worden. Bei acht anfänglich räumlich isolierten Samenträgern haben wir verschieden starke Parthenokarpie in der ersten Nachkommenschaft fest-

Tabelle 1. Verhalten von diploiden Inzuchtlinien nach Tütenisolierung.

Jahr	Inzucht- generation	I-Linien		Gebeutelte Pflanzen ausgewertet	Befruch- tung	Pflanzen mit Knäueln %	Knäuel je Tüte \bar{x}	% Pflanzen- nachkommen von Knäueln
		n	Geschwister- schaften ab I ₁					
1953	I ₀	39	(39)	2964	S	1,3	34	14*
1954	I ₀	53	(53)	820	S	6,5	24	44
1955	I ₁	27	56 41	523	S	19,5	25	52
1956	I ₂	23	215 101	255	S	23,4	37	33
				124	G		70	44
1957	I ₃	20	98 56	417	S	72,9	23	31
1958	I ₄	15	53 31	178	G	85,4	98	45
				29	S	63,3	88	44
1959	I ₅	21	39 26	138	G	92,0	142	Bo. 2,7
				24	S	96,0	68	

S = Selbst-, G = Geschwisterbefruchtung (Vollgeschwister).

* aus Stecklingsanzucht, alle folgenden Generationen einjährige Anzucht im Gewächshaus.

Die Anzahl der I-Linien (n) geht auf die des Jahres 1954 zurück. Es folgt die Anzahl Geschwisterschaften dieser Linien. Von I_0 1953 ist das Saatgut gemeinsam zu Stecklingen verarbeitet worden. Deren Nachkommenschaften stammen also von Geschwisterpflanzen verschiedener Ausgangspflanzen.

Bo = 1 sehr gut bis 5 sehr schlecht.

gestellt, so daß wir damit auch nach Tütenisolierung rechnen müssen.

Das würde sich in der Keimfähigkeit auswirken, die in dem gebeutelten Saatgut in fast allen Generationen \pm konstant niedrig geblieben ist, vielleicht mit Ausnahme der I_5 , von der nur Bonituren des Pflanzenaufgangs vorliegen, die zwischen 1–5 bei den einzelnen Linien und Geschwisternachkommen variieren. Sonst spiegelt sich die Keimfähigkeit in den Prozentsätzen der im Gewächshaus angezogenen Pflanzennachkommen wider, die Durchschnittswerte der einzelnen, verschieden keimenden Linien darstellen. Diese Prozentsätze beziehen sich auf die Anzahl Knäuel. Der Grad der mittleren Keimzahl ist unberücksichtigt geblieben, ebenso der der Fruchtbildung. Bei einer kleinen Stichprobe von acht I_6 -Linien (1960) waren durchschnittlich 77% dikarpe Anteile je Linie vertreten. Spezielle Keimprüfungen des Tütensaatgutes konnten wegen der geringen Menge nicht durchgeführt werden. Doch von den daraus gewachsenen Pflanzen, die in einer hanfisolierten Parzelle frei abgeblüht und gefruchtet hatten, ist die Keimfähigkeit der Nachkommen in zwei Generationen im Laboratorium festgestellt worden. Sie variierte bei der Ernte der I_4 -Linien von 43 bis 91% gekeimter Knäuel mit einem \bar{x} von 72% (Tab. 2). Die Ernte von I_6 -Linien 1960 keimte in einer Streuung von 8 bis 95% mit einem \bar{x} von ebenfalls 72% (Tab. 3). Die mittlere Keimzahl hat von 1,3 bei I_4 auf 1,6 bei I_6 zugenommen (Kontrolle bei 2 x-Zuckerrüben etwa 1,8). Der durchweg niedrige Aufgang der Pflanzen kann ein Ausdrück von Inzuchtdepressionen sein. Sie wird wohl dadurch gemäßigt, daß gleichzeitig die Anzahl Pflanzen mit Fruchtbesatz je Generation zugenommen hat, in diesem Punkt also die Selbstfertilität gestiegen sein könnte.

Die Anzahl der verwendeten Inzuchtlinien variiert in den einzelnen Generationen. Es sind bis I_5 in Tabelle 1 (3. Spalte) diejenigen Inzuchtlinien angegeben worden, die auf die zweite Serie geselbsteter Ausgangspflanzen des Jahres 1954 zurückgehen. Von der ersten Ausgangsserie 1953 ist nur die Anzahl der I_0 -Pflanzen mit Fruchtansatz angeführt worden. Ihr Saatgut wurde für Stecklingsanzucht zusammengeworfen, so daß die gebeutelten Einzelpflanzen des Jahres 1955 und ihre Nachkommen Geschwisterpflanzen verschiedener Linien sind.

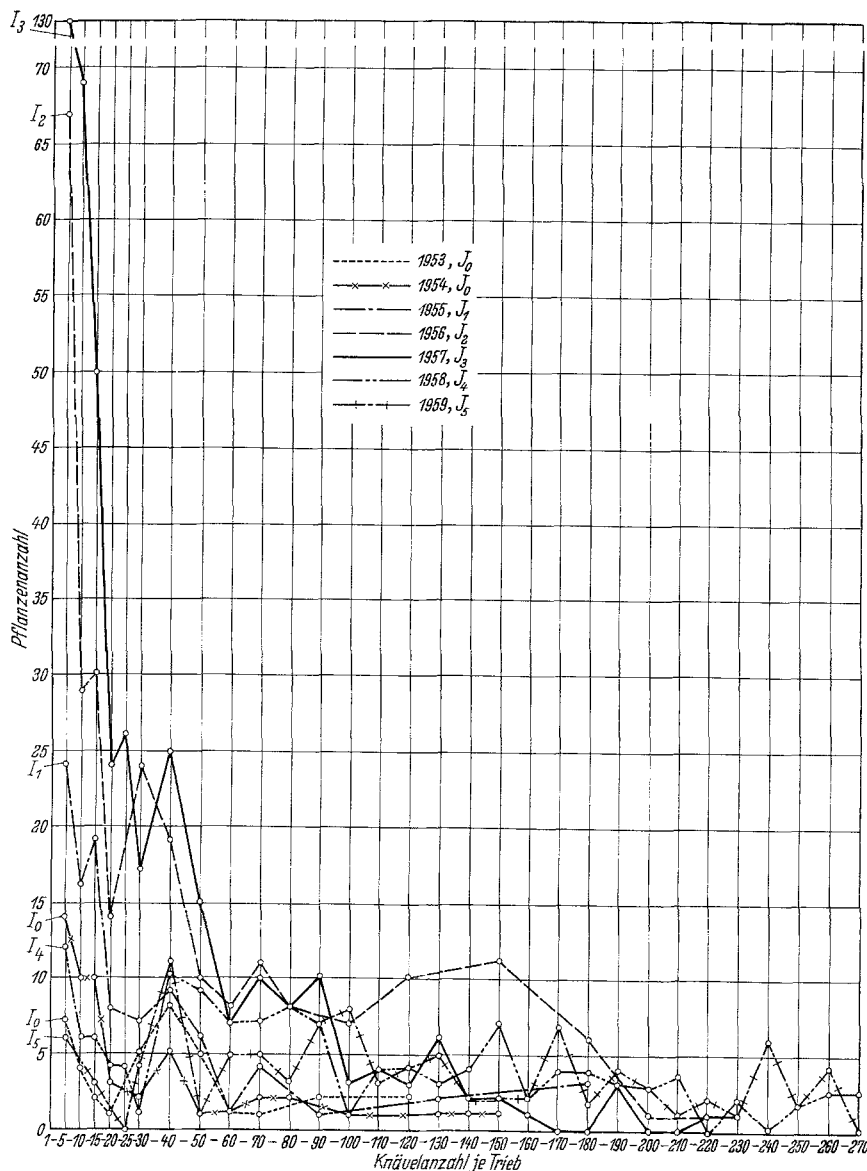


Abb. 1. Knäuelansatz gebeutelter Zuckerrüben der Inzuchtstufen I_0 – I_5 (1953–1959).

Tabelle 2. Keimprüfungen der Nachkommen von intralinear frei abgeblühten I_4 -Linien.

Nr.	gekeimte Knäuel %	Keime %	mittlere Keimzahl	Nr.	gekeimte Knäuel %	Keime %	mittlere Keimzahl
1	70	71	1,0	210	74	87	1,2
18	74	103	1,4	212 a	53	66	1,2
110 a	67	93	1,4	220	43	53	1,2
111	91	163	1,8	229 a	54	61	1,1
112	75	104	1,4	236	74	99	1,3
118	85	120	1,4	248	85	121	1,4
115	81	95	1,2	258	82	123	1,4
130	75	120	1,6	265	80	125	1,5
139	60	74	1,2	265 a	87	133	1,5
143 a	89	159	1,6	266 a	69	88	1,3
159	89	148	1,6	268 b	70	83	1,2
160 a	87	141	1,6	271	79	109	1,4
167	75	100	1,3	273 a	61	64	1,1
180 a	51	53	1,0	275	72	102	1,4
181 a	72	79	1,1	301	79	137	1,7
183 a	75	79	1,1	306	50	64	1,3
189	68	80	1,2	310 a	53	63	1,2
202 a	82	113	1,3	311 a	68	73	1,1
208 a	73	77	1,1	314	59	62	1,1

38 Nr. 72% 1,3

Tabelle 3. Keimprüfungen der Nachkommen von intralinear frei abgeblühten I₆-Linien 1960.

Nr.	gekeimte Knäuel %	Keime %	mittlere Keimzahl	Nr.	gekeimte Knäuel %	Keime %	mittlere Keimzahl
9	89	119	1,3				
18	74	114	1,5	210	94	191	2,0
27	66	95	1,4	212 a	70	124	1,8
43	86	178	2,1	217	87	167	1,9
51 × 52	82	128	1,6	220 a	82	138	1,7
65	94	175	1,9	229 a	79	120	1,5
71	93	165	1,8	235 a	8	10	1,3
73	93	167	1,8	236	68	79	1,2
104	73	113	1,5	241	55	78	1,4
107	81	131	1,6	249	76	84	1,1
111	86	135	1,6	256 a	18	27	1,5
115	67	126	1,8	258	78	100	1,3
118	81	170	2,1	265 × 266	32	50	1,6
125	74	98	1,3	269	45	56	1,2
139	64	96	1,5	273 a	43	45	1,0
149	79	135	1,7	280	47	61	1,3
159 b	52	72	1,4	282	72	112	1,6
160	95	120	1,3	285	90	152	1,6
181 a	90	163	1,8	301	88	201	2,3
183 a	86	140	1,8	306	86	139	1,6
189	85	110	1,3	310	83	120	1,4
202 a	77	120	1,6	314	20	24	1,2
209	70	93	1,3	316	75	146	1,9
				72%			1,6

Charakteristika der Inzuchtlinien

Ab I₂ der ersten Generation mit getrennten Einzelpflanzennachkommenschaften fiel im Jahre 1956 erstmalig eine Anzahl Linien durch jeweils einheitliche Typen auf, und zwar 19 Linien, während 58 noch aufspalteten. Die ersten interlinearen Unterschiede zeigten sich bereits bei den Jungpflanzen im Gewächshaus, so z. B. verschiedene Wachstumsgeschwindigkeiten und die Anzahl der Blätter. Auch verschiedene Stellungen des Blattkranzes deuteten sich früh an, ebenso ein bestimmtes Stiel-Spreitenverhältnis. Die Eigenarten bestimmter Linien entfalteten sich dann voll im Freiland, wohin sie nach etwa vierwöchigem Aufenthalt im Frühbeet gepflanzt waren. Im vegetativen Stadium zeigte sich die ganze Vielfalt des komplexen Charakters Blatt, jetzt linienweise aufgegliedert. Die Formen der Spreite konnten sein: lang — kurz, breit — schmal, die Spreitenbasis vom Stiel scharf abgesetzt oder aus ihm sich allmählich verbreiternd, die Spitze spitz, spitzig oder stumpf. Die Oberfläche war glatt oder verschieden stark bucklig und — damit korreliert — der Rand eng- bzw. weitgewellt und ebenso der Glanz der Oberfläche schwächer bzw. stärker. Mangold- und rhabarberartige Blatttypen sind ebenfalls aufgetreten. Die eigentümlichen Formen manifestierten sich etwa ab viertem bis fünftem Blattpaar. Die Stellung des Blattapparates war meist normal, aber gelegentlich auch steil oder fast rosettenartig. Die Blatthälften oder nur die Ränder waren hin und wieder \pm eingeklappt. Im Farbton fielen hell- und dunkelgrüne Typen auf. Gelegentlich sah man feinere Blattunterschiede von Linie zu Linie, ohne sie im einzelnen genau beschreiben zu können. Einige charakteristische Typen zeigen die Abbildungen 2 bis 7. Auch im Schossen verhielten sich verschiedene Linien einheitlich (Abb. 8 und 9), wenn auch im ganzen nicht so konstant wie in den Blattmerkmalen. An den Blütenständen haben wir nach dem optischen Eindruck keine Abweichungen beobachtet. Ebenso-

wenig sind defekte Formen, auch nicht solche des Chlorophyllapparates, herausgespalten. Nur die oben beschriebenen vitalen Typen haben sich differenziert. Einige Linien spalteten stärker, andere schwächer, wieder andere blieben ab I₂ praktisch einheitlich. Aber auch bei ihnen manifestierte sich in dieser oder jener Geschwisternachkommenschaft noch ein neuer Typ. Diese sind keineswegs alle erfaßt oder gar erhalten worden, was zweifellos interessant gewesen wäre, aber aus arbeitstechnischen Gründen nicht möglich war. Nur bestimmte Geschwisternachkommenschaften wurden durch Beutelung vermehrt, jeweils einige Pflanzen und meist die den Linientyp am besten repräsentierenden. Gekeimte Knäuel ergaben überwiegend normal ausgebildete, gesunde Pflanzen.

Zusammenfassend kann man sagen, daß die Inzuchtdepression in der ersten Inzuchtgeneration am stärksten war und sich in schwachem Fruchtansatz und schlechter Keimung äußerte. Mit zunehmender Inzuchtstufe stieg die Anzahl der Pflanzen mit Fruchtansatz und die Anzahl der Knäuel in der Tüte, vor allem bei Geschwisterbefruchtung. Die Anzahl der Nachkommenschaften verharrt bis I₄ auf niedrigem Niveau. Gekeimte Knäuel ergeben überwiegend gesunde Pflanzen. Die Inzuchtdepression sinkt mit zunehmender Stufe.

VILMORIN (1923) hat einmal und mehrmals geselbstete Zuckerrüben herangezogen, indem er ganze Samenträger von halbierten Rüben in Leinenüberzüge (toile) einschloß und neben völliger Selbststerilität ebenfalls kleine, schwachvitale Knäuel in verschiedenen Mengen, jeweils 1 bis 80 Gramm, erhielt. Er wollte züchterisch wertvolle Eigenschaften sichtbar und homogen machen und dann miteinander kombinieren. Gleichzeitig fixierte er im Zuge der Isolierung zahlreiche Formen oder verschiedene Linien. Bei einigen stabilisierten sich verschiedene Blattcharaktere schon von der ersten Generation ab. Bei den Isolierungen während mehrerer Generationen nahm die primär verminderte Wüchsigkeit zunehmend ab. Diese Ergebnisse decken sich im ganzen mit unseren. NILSSON (1922) fand bereits nach einer Isolierung überraschend einheitliche Blattformen.

Leistungsprüfungen der Inzuchtlinien

In zwei Versuchsserien sind Inzuchtlinien auf ihre Leistung geprüft worden, in den Jahren 1958 und 1963. Die Übersichtstabelle 4 zeigt folgendes Bild:

Rübenantrag und Zuckergehalt waren im Jahre 1958 mindestens bei der Hälfte der 10 Linien stark erniedrigt; entsprechend ist auch der Zuckerertrag gesunken, aber bei etwa einem Drittel ist er standardgleich. Überlegenheit in den Ertragsfaktoren tritt nur vereinzelt auf (vgl. auch Tab. 5). Diese Ergebnisse decken sich etwa mit den Werten der 32 I-Linien im Jahre 1963. Die häufige und starke Erniedrigung des Zuckergehalts in 18 von 32 Linien fällt besonders



Abb. 2. Linie 49—64, Nr. 49: stark gewellte, glänzende Blattoberfläche mit stark gewelltem Rand, mittelgroßes Blatt.



Abb. 3. Linie 49—64, Nr. 52: Geschwisternachkommen derselben Linie wie Abb. 2 mit herausgespaltenem anderem Typ: langstielig, schmalblättrig. Blattstiel geht fließend in die Spreite über, Blattoberfläche und -rand glatt.

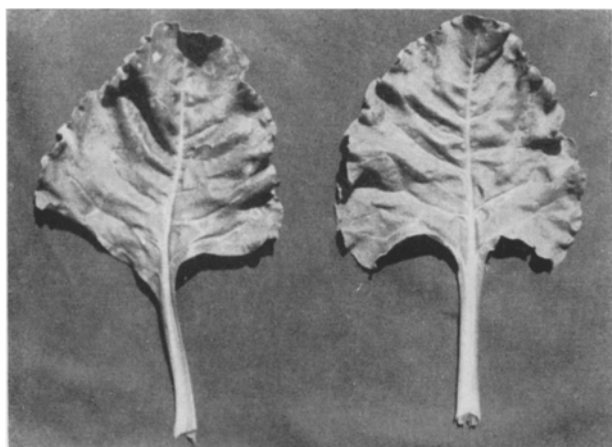


Abb. 4. Grundform der Linie 1—15: kurz gestielt, breitblättrig, stumpfe Spitze, stark gewellt auf Oberfläche und am Rand, langsame Jugendentwicklung, Blätter breit ausladend.

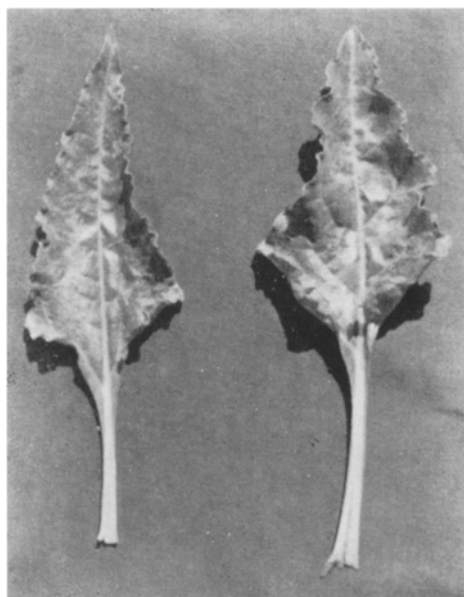


Abb. 5. Einheitliche Form der Linie 74—100: schmales, spitz zulaufendes Blatt mit enger Randwellung, geringe Anzahl Blätter, langsame Jugendentwicklung, steile Blattstellung, ziemlich einheitliches Schossen, schlechte Keimfähigkeit (17% gek. Knäuel, 19% Keime).

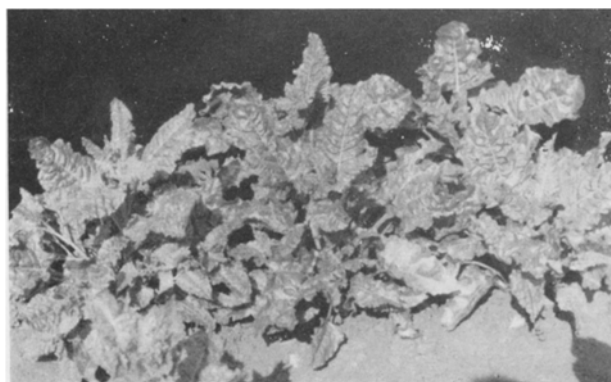


Abb. 6. Einheitlicher Typ der Linie 114—129, Nr. 115: charakteristisch stark und eng gewellte Blattoberfläche.



Abb. 7. Einheitlicher Typ der Linie 275—298, Nr. 293: steile Blattstellung, viele Blätter, rel. schmales, spitz zulaufendes Blatt mit enger Randwellung.



Abb. 8. Vorne eine noch einheitlich vegetative Linie, dahinter eine schon geschoßte Linie.



Abb. 9. Linie 65—69, Nr. 67: sehr einheitlich in Blatt und Schossen. Das Blatt ist langstielig, breit, gewellt, glänzend und stumpf-spitzig.

Tabelle 4. *Eigenleistung von Inzuchtlinien. Die Rubrik ohne Signifikanzzeichen gibt die Anzahl der standardgleichen Linien an.*

Jahr	I-Stufe	n		○	○○	○○○		+	++	+++	Std.N
1958	I ₃	10	Rübenmasse dt/ha	0	1	4	3	1	1	0	33 ⁰
			Zuckergehalt	2	3	2	2	0	0	1	15,6 °S
			Zuckerertrag dt/ha	0	1	5	3	0	1	0	51,5
1963	I ₇	32	Rübenmasse dt/ha	0	6	3	21	0	1	1	41 ⁰
			Zuckergehalt	1	2	16	10	2	0	1	16,0 °S
			Zuckerertrag dt/ha	3	5	7	15	0	2	0	65,6

auf, und im ganzen ist die Leistung deutlich gesunken. Daran hat sich in fünf Generationen von I₃ bis I₇ kaum etwas geändert. Es handelt sich dabei freilich um Durchschnittsleistungen aller Linien. Beim Vergleich einzelner Linien miteinander (siehe Tab. 12) ergibt sich folgendes Bild. Sieben I₃-Linien sind als I₇ zum zweitenmal geprüft worden: Drei Linien sind in den Ertragsfaktoren schlechter und vier besser geworden. Die einzelnen Linien scheinen sich also auf verschiedenen Inzuchtstufen verschieden zu verhalten.

Tabelle 5. *Eigenleistungen von I₃-Inzuchtlinien (1958).*

I-Linien	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag
Std. N	330 dt/ha	15,6 °S	51,5 dt/ha
1 — 15			
71		○○○	○○○
115a	○○○	○	○○○
115b	○○○	○	○○○
149 — 159	○○○	+++	○○○
180a — 181a	++		++
215 — 218		○○	
241 — 247	○○○	○	○○○
267 — 270a	+	○○○	
275 — 298a	○○○	○○	○○○
	\bar{x} 302	15,2	45,9

Prüfung der Inzuchtlinien auf Kombinationseignung

Es sollte geprüft werden, ob Bastarde der Inzuchtlinien nach dem Beispiel des Maises Heterosis zeigen. Die ersten Testkreuzungen zur Ermittlung der Kombinationseignung sind in größerem Umfang im Jahre 1957 durchgeführt worden. Dabei haben wir das diallele Verfahren angewendet, aus technischen Gründen freilich nicht in jedem einzelnen Falle (Tab. 6).

Im Rübenanbau sind zwei Linien überlegen: Die Linie 49—64, von der die Geschwisternachkommen Nr. 53, 54 und 61 geprüft und zwei Nummern überlegen sind. Nr. 53 ist außerdem mit Linie 30 überlegen. Zweitens ist die Linie 133 mit zwei Pollenspenderlinien überlegen, mit einer dritten dagegen nicht. Daß bei jeder der beiden Linien eine Kombination nur standardgleich ist, kann im ersten Fall an einer schwachen Kombinationseignung von Nr. 54 als abweichender Seitenlinie oder an einer solchen von Nr. 103 liegen, während bei Linie 133 der Partner 148 anscheinend ungeeignet ist. Auffällig ist der hohe Rübenanbau innerhalb der schlechten I-Linie 74—100 bei der Kombination 92 × 112, die sich hier und auch später (Tab. 7) bewährt hat. Ein anderes Bild bietet der Zuckergehalt, der in den meisten Kombinationen niedrig und sehr niedrig ist und damit den Werten der Inzuchtlinien entspricht.

Dadurch ist die Überlegenheit des Zuckerertrages, die im allgemeinen der des Rübenanbaues entspricht, auch etwas zurückgegangen.

Tabelle 6. *Kreuzungen zwischen I₃-Inzuchtlinien 1957 und Prüfungen auf Kombinationseignung 1958.*

Kreuzungen	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha
Standard N	400	17,7	70,8
27 × 277		○○○	○○○
61 × 107	+++	○○○	+
61 × 126	+	○○○	
61 × 141	+++	○○○	++
53 × 84	+++	○○○	+
54 × 103*		○○○	○
69 × 126			
157 × 281	○○○		○○○
30 × 53	+++	○○○	++
30 × 80		○○○	○○○
30 × 109		○○○	
30 × 112		○○○	
76 × 126	○	○○○	○○○
78 × 237		○○○	
92 × 112	+++	○○○	+++
95 × 121	○○○	○○	○○○
104 × 109	○	○○○	○○○
104 × 118		○○○	
104 × 127	○○	○○○	○○○
109 × 127	○○○		○○○
109 × 133		○○	
127 × 142	○	○○○	○○○
127 × 148	○	+++	
127 × 169	○○	○○○	○○○
127 × 189	○		○
127 × 200	○○○		○○○
127 × 236	○	○○○	○○○
133 × 142	+++	○○○	+++
133 × 148			
133 × 169	+++	○○○	
148 × 189			
148 × 102		○	
148 × 280		○	
189 × 243		○	

* 103 ist eine neue Linie, die sonst nicht verwendet ist. Eine Klammer verbindet die zu einer Inzuchtlinie zusammengehörenden Geschwisternachkommen der links angegebenen Kreuzungspartner.

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag
5%	27	0,31	4,7
1%	36	0,41	6,2
0,1%	46	0,52	7,9

Fünf im Zuckerertrag überlegene Kombinationen wurden später noch einmal zusammengestellt, gekreuzt und im Jahre 1962 geprüft. Die Partner waren diesmal zwar dieselben Linien, aber wegen Saatgutmangels andere Geschwisternachkommen, die sich in der Kombinationseignung verschieden verhalten können, so daß vielleicht deswegen nur drei der fünf Bastarde im Rüben- und Zuckerertrag noch überlegen waren. Neu in der Versuchs-

Tabelle 7. Prüfungen von I_5 -Inzuchtlinien auf Kombinationseignung, 1962.

Nr.	Kreuzungen	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha
	Standard N	350	17,2	60,2
1	51 I × 107 107 × 51 I	○ +++	○○○ ○○	○○○ ++
2	51 I × 18 18 × 51 I	○○○	○○○ ○○○	○○○ ○
3	51 I × 139 139 × 51 I	○ +++	○○○ ○○	○○○ +++
4	139 × 130 130 × 139	○○○	○	○○○
5	112 × 74	+++		+++

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag
5%	22	0,51	3,8
1%	30	0,70	5,2
0,1%	41	0,95	7,6

Tabelle 8. Prüfungen von I_5 -Inzuchtlinien auf Kombinationseignung nach Polycross; 1961.

Inzucht-Mutterlinien	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha
Standard N	350	17,6	61,6	340
1—15	○○○		○○○	○○○
18		○○○		
43	+++	○○○		
51 × 52				
65				
71	++	○○○	+	○
104		○○○	○	
107	○	○○	○	
111	○○○	○	○○○	
115 a—c	+++	○○	++	
118				
125	++	○○○		
143		○○○		○
160 a	+++	○○	+++	
167 a	○	○	○○	○○
181 a	++		++	
183 a		○○○		○
189 a		○○○		
202 a	+++	○○○		
210		○○○		
212 a		○○		
217		○○		++
226		○○○		
236		○○○	○	
241		○○○		
249	++	○○○		
256 a		○○○		
258		○○○		
269		○○○		
273	+++	○○	++	○
280	○	○○	○○	
299		○○		+
306		○		
310 a—311 a		○○○		
315	+	○○○		
316		○○○		+++

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	26	0,39	4,9	52
1%	35	0,52	6,6	69
0,1%	45	0,67	8,5	89

anordnung ist die getrennte Ernte beider Kreuzungspartner in vier Fällen (Tab. 7). Dabei haben sich überraschend verschiedene Leistungen je nach Kreuzungsrichtung ergeben.

Bei den Nummern 1—3 ist jedesmal die Geschwisterlinie 51 I ein Elternteil und bei Verwendung als Mutterpflanze deutlich unterlegen, während sie als Pollenspender sehr gute und einmal standardgleiche Rübenenerträge ermöglicht hat. BENC (1963) hat entsprechendes gefunden. Anscheinend hat sich die Selbstfertilität dieser Geschwisterlinie Nr. 51 erhöht, doch ihr Rübenenertrag zeigt noch Inzuchtdepression. Die letzte Kreuzungskombination (112 × 74) hat ebenso wie im früheren Versuch (92 × 112, Tab. 6) einen sehr guten Rüben- und Zuckerertrag ergeben. Der Zuckergehalt ist wieder in den meisten Fällen erniedrigt.

In den folgenden Jahren haben wir das diallele Kreuzungsverfahren durch den Polycross abgelöst. In drei Versuchsserien der Jahre 1961—1963 wurde eine Anzahl Inzuchtlinien auf ihre Kombinations-eignung geprüft: 36 bzw. 35 I_5 -Linien 1961 und 1962, 40 I_7 -Linien 1963. In der ersten Serie (Tab. 8) zeigten 10 Bastarde im Rübenenertrag Heterosis, die sich im Zuckerertrag noch bei fünf niederschlug. Dieses Absinken hat der überraschend niedrige Zuckergehalt

Tabelle 9. Prüfungen von I_5 -Inzuchtlinien auf Kombinationseignung nach Polycross; 1962.

Inzucht-Mutterlinien	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha
Standard N	350	17,2	60,2	510
1—15	○○○		○○○	○○○
18	++	○○○		
43		○○○	○○	
51 × 52				
65				
71	+++	○○○	+	○
104		○○	○	
107				
111	○	○○○	○○	
115 a—c				
118				
125	+	○○○		
143		○		
160	+++	○	+++	
167		○○○	○	○○
181				
183	++	○○○		○○○
189	+	○○○		○
202 a	+	○○		
210	+++	○○○	+	○
212 a				
217		○	○○	
226 a		○○○	○	
236	○○	○	○○○	
241	○	○○○	○○○	
249		○○○		
256 a		○○○	○○○	
258		○○○	○	
269	+	○○○		
273	+	○○○		
280	○○	○○○	○○○	
299		○○○		
306		○○○		
310 a—311 a	○○○	○○○	○○○	
316		○○○	○	

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	24	0,37	3,7	57
1%	31	0,50	4,9	76
0,1%	41	0,64	6,4	98

bewirkt. Die Krautmasse luxuriert nur gelegentlich. Im folgenden Jahr (Tab. 9) zeigten die Bastarde derselben I₅-Stufe im Rüben-ertrag etwa ebensooft, aber nicht mehr so stark Heterosis wie im Vorjahr, die sich im Zuckerertrag daher nur noch schwach auswirkte, wiederum wegen des niedrigen Zuckergehaltes. In der Krautmasse fehlen überlegene Leistungen bei den Bastarden, da der Krautertrag des Standards gegenüber dem des Vorjahres sehr hoch liegt, während sich die übrigen drei Ertragsfaktoren in beiden Jahren etwa die Waage halten. Im Jahre 1963 (Tab. 10, linke Hälfte) zeigen die Bastarde der I₇-Linien im Rüben-ertrag kaum noch Heterosis und im Zuckerertrag praktisch gar nicht mehr. (Der Zuckergehalt ist nach wie vor meist erniedrigt.) Die Ursachen dafür können ungünstige Bestäubungsverhältnisse des naßkalten Sommers 1962 gewesen sein, der eine zunehmende Selbstbestäubung der mütterlichen Inzuchtlinien begünstigt haben könnte, oder auch eine verminderte Kombinationseignung der I₇-Stufe gegenüber der früheren I₅.

In Tab. 11 haben wir die Linienbastarde wieder-gegeben, die in den drei Jahren mindestens einmal und in einem Ertragsfaktor überlegene Leistungen gezeigt haben. Die Signifikanzwerte schwanken in den drei Jahren, selbst innerhalb derselben I₅-Stufe. Andererseits ist auch bei fehlender Signifikanz in einem Jahr mehrfach gleichsinnige Tendenz in einem anderen Jahr erkennbar. Die Umweltabhängigkeit der Rüben-erträge bedingt wohl die Schwankungen der Signifikanzen. Konstant allein ist der durchgehend niedrige Zuckergehalt.

Bei der Beurteilung der Ertragsleistungen ist zu berücksichtigen, daß die Bastarde mit dem Standard verglichen sind, der naturgemäß hoch liegt. Im Jahre 1963 sind auch die Eigenleistungen von 32 I₇-Inzuchtlinien mitgeprüft worden (Tab. 12). In der Rübenmasse sind 66% standardgleich, 28% unterlegen und 1% überlegen. Im Zuckerertrag sind 47% standardgleich und unterlegen und ebenfalls 1% überlegen. mI Zuckergehalt stehen 31% standardgleiche Linien 59% unterlegenen und 1% überlegenen gegenüber.

Tabelle 10. Prüfung von I₇-Inzuchtlinien nach Polycross auf Kombinationseignung, 1963.
Bezugsgröße links Standard, rechts \bar{x} Inzuchtlinien.

Inzucht-Mutterlinien	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt %	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt %	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha
Standard N	411	16,0	65,9	520	\bar{x} I-Linien 394	15,5	61,1	457
9		○○○		○				
18		○○○				○○○		+
43		○○○				○		++
51 × 52		○○○	○			○○○		++
65						++		+
71		○○○			+	○○		
104		○○○				○○○		+
107		○		○○				
111				○○		+++	+	
115						+		+
118						+		
125		○						++
136		○○○						
139		○○○				○○		
149		○○○				○○		
160		○○○			++		+	
181		○						
183		○○○		○	+	○		
189	+++	○○○			+++	○○○	++	
202	+	○○○			++	○○	+	
209		○○○				○○		
210	+	○○○			++		++	
212					+	+	++	
217				○		++	+	
280						++++	+	
226		++				++++		
229			+		++	++++	+++	+
235		○○	○	○				
236		○○○						
241	○○	○○○	○○○					
256				○				
258		○○○		○○				
265 × 266		○		○○○				
273		○○○				○		○○
280	○○○	○○○	○○○	○○○	○○○		○○○	○
285	++	○○	+		+++		+++	
306								++
310				○○				
314	○	○○○	○○○	○○○				
316		○○○						++

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	38	0,37	6,4	64
1%	52	0,49	8,5	85
0,1%	67	0,63	10,8	110

Tabelle 11. *Auf Kombinationseignung geprüfte Inzuchtlinien, deren Bastarde mindestens in einem der drei Jahre Heterosis gezeigt haben.*

I-Linien	1961			1962			1963		
	Rübenmasse dt/ha	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha	Rüben- masse dt/ha	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha	Rüben- masse dt/ha	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha
Standard N	350	17,6	61,6	350	17,2	60,2	411	16,0	65,9
18	366	16,7 ^{ooo}	61,1	388 ⁺⁺	16,3 ^{ooo}	63,2	421	14,6 ^{ooo}	61,5
43	395 ⁺⁺⁺	16,7 ^{ooo}	66,0	335	16,5 ^{ooo}	55,3 ^o	430	15,1 ^{ooo}	64,9
71	394 ⁺⁺	16,9 ^{oo}	66,6 ⁺	394 ⁺⁺⁺	16,5 ^{ooo}	65,0 ⁺	441	14,9 ^{ooo}	65,7
115	412 ⁺⁺⁺	17,0 ^{oo}	70,0 ⁺⁺	371	16,9	62,7	422	15,9	67,1
125	386 ⁺⁺	16,7 ^{ooo}	64,5	379 ⁺	16,6 ^{ooo}	62,9	425	15,6 ^o	66,3
160	416 ⁺⁺⁺	17,0	70,7 ⁺⁺⁺	403 ⁺⁺⁺	16,8 ^o	67,7 ⁺⁺⁺	448	15,2	68,1
181	393 ⁺⁺	17,7	69,6 ⁺⁺	357	17,0	60,7	403	15,6	62,9
189	373	16,9 ^{oo}	63,0	379 ⁺	16,6 ^{ooo}	62,9	487 ⁺⁺⁺	14,7 ^{ooo}	71,6
202	397 ⁺⁺⁺	16,7 ^{ooo}	66,3	378 ⁺	16,7 ^{oo}	63,1	456 ⁺	14,9 ^{ooo}	67,9
210	367	16,6 ^{ooo}	60,9	394 ⁺⁺⁺	16,4 ^{ooo}	64,6 ⁺	459 ⁺	15,3 ^{ooo}	70,2
226	372	16,4 ^{ooo}	61,0	337	17,2 ^{oo}	58	422	16,5 ⁺⁺	69,6
229							447	16,2	72,4 ⁺
249	387 ⁺⁺	16,5 ^{ooo}	53,9	361	16,1 ^{ooo}	58,1			
269	362	16,1 ^{ooo}	58,3	376 ⁺	16,3 ^{ooo}	61,3			
273	412 ⁺⁺⁺	17,0 ^{oo}	70,0 ⁺⁺	377 ⁺	16,4 ^{ooo}	61,8	409	15,1 ^{ooo}	61,8
285							471 ⁺⁺	15,5 ^{oo}	73,0 ⁺

Tabelle 12. *Eigenleistung von I₇-Inzuchtlinien (1963).*

I-Linien	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha
Standard N	406	16,1	65,2	520
1-15	ooo	ooo	ooo	
18	++	ooo		
43		o		
51 × 52	ooo	ooo	ooo	o
65		+	++	
71	+++	oo	++	
104	ooo	oo	ooo	
107	oo	ooo	ooo	oo
111	ooo		ooo	oo
115				
118	oo		oo	
125		ooo		
160				o
167		ooo	oo	
181		+++		oo
183		ooo	ooo	ooo
189		ooo	oo	o
202		ooo		
210		ooo		oo
212		+		
217	oo		o	oo
226				
236				
241		ooo		ooo
249	oo	ooo	ooo	oo
258		ooo		
273				
280		ooo	oo	
299		ooo		
306			o	
310	oo		oo	
316		ooo	o	
Sa: 32 Nrn.	\bar{x} 394	15,5	61,1	457

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	31	0,38	4,9	60
1%	41	0,51	6,5	106
0,1%	53	0,66	8,4	138

Die Durchschnittsleistungen dieser Inzuchtlinien 1963 haben wir für die Bastarde 1963 als Vergleichsgröße mit verwendet, so wie bisher den Standard. Da jede Inzuchtlinie von dem Pollengemisch aller anderen Inzuchtlinien im Polycross bestäubt wird,

ist \bar{x} der I-Linien die nächstliegende Bezugsgröße, um die Heterosis der Linienbastarde sichtbar zu machen (Tab. 10 rechts). Sie tritt in der Rübenmasse und im Zuckerertrag etwa gleich häufig auf (23% bis 25%). Erstmals stellen wir Heterosis auch im Zuckergehalt fest, und zwar ebenfalls bei 23% Bastarden, aber meist bei anderen als in der Rübenmasse. Nur zweimal korrelieren beide positiv, wenn auch verschieden stark. In der Krautmasse äußert sich auch erstmalig eine Heterosis, gleichfalls bei 25% der Linienbastarde, jedoch ohne Korrelation zu den übrigen Ertragsfaktoren.

Dieser Vergleich ist biologisch wichtig, um primär zu erkennen, ob Inzuchtlinien eine Kombinations-eignung zeigen. Wegen des niedrigen Leistungsniveaus der \bar{x} aller Inzuchtlinien gegenüber dem hohen des Standards werden hierbei auch mittlere Überlegenheiten der Bastarde sichtbar. Züchterisch können sie dennoch uninteressant bleiben, weil auf dieser Ebene der Standard die Richtschnur ist. Wären die Eigenleistungen der Inzuchtlinien auch in den Jahren 1961 und 1962 mitgeprüft und ihr \bar{x} ebenfalls als Vergleichsgröße gesetzt worden, so wäre die Heterosis der Bastarde noch stärker hervorgetreten als 1963, weil sie in diesen beiden Jahren bereits dem Standard gegenüber deutlicher war.

Im ganzen zeigen die Ergebnisse, daß Bastarde diploider Inzuchtlinien von Zuckerrüben zur Heterosis befähigt sind. Ihre Häufigkeit variiert beträchtlich, ihre Stärke ist mittelmäßig, so daß sie gegenüber der Durchschnittsleistung aller Inzuchtlinien deutlich sichtbar wird, gegenüber dem hohen Standard aber schwächer und unsicherer erscheint. Am deutlichsten luxuriert der Rüben-ertrag, mittelmäßig die Krautmasse, während der Zuckergehalt keine Heterosis zeigt. Eine ähnliche Tendenz zeigen auch die Ergebnisse des allgemeinen Kleinwanzlebener Zuchtverfahrens, das mit Befruchtungen zwischen Halbgeschwistern arbeitet (GERDES 1963, 1964, FÜRSTEN unveröff.). Im übrigen wissen wir heute, daß Heterosis nicht in jedem Falle an Inzucht gebunden zu sein braucht (GREBENŠČIKOV 1957, BREŽNEV 1963, KAMPE 1965).

B. Inzuchtversuche mit tetraploiden Zuckerrüben

Auch das Verhalten tetraploider Inzuchtlinien ist untersucht worden (Tab. 13), in einer ersten Serie kontinuierlich von I_0 – I_4 ; in einer zweiten Serie wurden als I_1 nur neun der 77 erhaltenen Linien durch Selbst- und Geschwisterbefruchtung vermehrt. Die übrigen 68 Linien haben frei abgeblüht und sind aus technischen Gründen erst im folgenden Jahr, 1960, wieder gebeutelt worden. Im ganzen wurden Pflanzen mit Fruchtansatz ab I_0 zwar verhältnismäßig viele gefunden, doch die durchschnittliche Anzahl der Knäuel je Tüte war und blieb bei den Selbstungen niedrig und stieg nach Geschwisterbefruchtungen — wenngleich sie dort von Anfang an höher war — nur langsam an. Die Keimfähigkeit, die bei den Tetraploiden an Keimpflanzen erfaßt ist, ist mit einer Ausnahme ebenfalls schwach geblieben. Bis zum blühreifen Stadium gehen noch viele Pflanzen ein, und diese Subletalität ist linienweise verschieden stark. Nur so können wir die starke Dezimierung der I-Linien von 316 auf 7 nach vier Beutelungen der ersten Serie verstehen. Unsere tetraploiden Zuckerrüben sind trotz Inzucht im allgemeinen anscheinend stark selbststeril geblieben.

Die nach der ersten Tütenisolierung herangewachsenen I_0 -Generationen enthielten bereits eine Anzahl \pm einheitlicher Linien im Blatttyp bzw. Blatt und Schossen. In der stark dezimierten I_1 -Generation war das Bild das gleiche geblieben und entsprach damit den Erfahrungen über die sehr verzögerte Aufspaltung Tetraploider (Tab. 14).

Die übrigen Linien waren verschieden stark aufgespalten. Die Mannigfaltigkeit der Blattformen war nicht so groß wie bei den Diploiden. Das ist wohl überwiegend durch die 4 x-Stufe bedingt, auf der ein Merkmal, der Längen-Breitenindex, ohnehin charakteristisch fixiert ist.

Prüfung tetraploider Inzuchtlinien auf Eigenleistung und Kombinationseignung

4 x-Inzuchtlinien sind im Jahre 1962 für sich und im Polycross nach der eingangs beschriebenen Methode auf Leistung untersucht worden. Die Eigenleistung von Inzuchtlinien, die von der zweiten Versuchsserie stammten, ist auf der I_3 -Stufe geprüft worden. Sie wurden entwickelt durch Selbstbefruchtung (I_0), Selbst- und Geschwisterbefruchtung (I_1), Geschwisterbefruchtung (I_2) sowie durch linienweise freies Abblühen in hanfisolierten Parzellen (I_3), um ausreichend Saatgut für die Leistungsprüfungen zu gewinnen (Tab. 15).

Die Eigenleistung der 10 Inzuchtlinien ist in der Rübenmasse und im Zuckergehalt standardgleich bzw. unterlegen und im Zuckerertrag meist unterlegen (Tab. 15).

Die Prüfung auf Kombinationseignung von zytologisch untersuchten 4 x-Inzuchtlinien wurde mit

Tabelle 13. Verhalten tetraploider Inzuchtlinien nach Tütenisolierung.

Jahr	I-Gen.	Linien n	Gebeutelte Pflanzen ausgewertet	Be-fruchtung	Pflanzen mit Knäueln %	Knäuel je Tüte	Keimpflanzen %
1956	I_0	316	970	S	32,6	9,7	47,4
1957	I_1	93	419	S	41,0	7,0	15,6
1958	I_2	28	18	S	50,0	11,5	23,2
			15	G	100	40,3	
1959	I_3	7	13	G	91,7	29,9	31,0
			3	S	66,6	3,5	
1960	I_4	6	6	G	100	51,8	23,5
1958	I_0	325	997	S	33,0	7,5	30,3
1959	I_1	9	28	G	89,3	57,9	15–20
			4	S	100	28,2	
1960	I_1	68*	83	G + S	58,8	58,9	39,5
1960	I_2	8	14	G	100	74,9	80,2

* Diese Linien haben 1959 als I_0 frei abgeblüht und sind erst 1960 wieder getütet worden.

Tabelle 14. Anteil \pm einheitlicher 4 x-Linien nach Selbstungen.

I-Stufe	Linien	Pflanzen je Linie	Blatt		Blatt und Schossen	
			einheitlich	ziemlich einheitlich	einheitlich	ziemlich einheitlich
I_0	138	3–49	23%	9%	10%	1%
I_1	22	3–39	23%	—	9%	—

gleichen und teilweise denselben I_3 -Linien und einigen I_5 -Linien durchgeführt (Tab. 16). Die I_5 -Linien sind aus Selbstungen (I_0 , I_1), Selbstungen + Geschwisterbefruchtungen (I_2 – I_3), Geschwisterbefruchtungen (I_4) und linienweises freies Abblühen in hanfisolierten Parzellen (I_5) entwickelt worden.

Nehmen wir die Durchschnittsleistungen der vorhin besprochenen, gleichjährigen Inzuchtlinien als Bezugsgröße, so finden wir bei vier Bastarden der I-Linien in der Rübenmasse gute und schwache Heterosis, die sich im Zuckerertrag \pm widerspiegelt. Bemerkenswert ist, daß auch im Zuckergehalt Heterosis auftritt, und zwar bei Bastarden der I_5 -Linien. Aber nur in der Linie, bei der sie auch gleichzeitig in der Rübenmasse vorliegt, schlägt sie sich im Zuckerertrag verstärkt nieder. Bei einem Vergleich mit dem Standard als Bezugsgröße tritt keine Leistungssteigerung auf, die auf Heterosis

Tabelle 15. Eigenleistung von tetraploiden I_3 -Linien 1962.

Inzuchtlinien	Rübenmasse dt/ha	Zuckergehalt %S	Zuckerertrag dt/ha	Krautmasse dt/ha
Standard N	350	17,2	60,2	510
0403	○		○○	
0417		○○○	○○○	
0444	○○○	○○○	○○	
0473	○		○○	○○
0490			○	○
0509			○	○○
0556	+	○	+	
0612	○		○○○	
0678		○○○		
0703				
\bar{x}	326	16,9	55,1	472
GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	36	0,31	4,6	66
1%	49	0,43	6,3	89
0,1%	67	0,58	8,5	121

Tabelle 16. *Prüfungen von tetraploiden Inzuchtlinien auf Kombinationseignung 1962 nach Polycross.*

Inzuchtstufe	Inzucht-Mutterlinien	Rübenmasse dt/ha	Zucker-gehalt %S	Zucker-ertrag dt/ha	Std. N	Rübenmasse dt/ha	Zucker-gehalt %S	Zucker-ertrag dt/ha
\bar{x} I-Linien		326	16,9	55,1		350	17,2	60,2
I ₅	021						00	
I ₅	089	+	+	++				
I ₅	0145		+					
I ₅	0157		+++			0	+	0
I ₅	0444		000	0		00	000	000
I ₃	0500	00	00	000		000	000	000
I ₃	0509	0	0			000	000	
I ₃	0556	+	00			000	000	
I ₃	078	++	0	+		000	000	
I ₃	0649	++	0	+		000	000	

GD	Rübenmasse	Zuckergehalt	Zuckerertrag	Krautmasse
5%	30	0,28	5,1	81
1%	41	0,38	6,9	110
0,1%	55	0,51	9,3	150

deuten könnte. Die Krauterträge waren bei beiden Bezugssystemen nicht signifikant verschieden.

Besprechung der Ergebnisse

Die Zuckerrübe kann auf den Zwang zur Selbstbefruchtung verschieden reagieren: entweder bildet sie keine oder leere oder verschieden viele samenhaltige Knäuel aus, die keimfähig oder keimunfähig sein können. Wir haben den Grad der Selbststerilität auf verschiedenen Inzuchtstufen an der Anzahl Pflanzen mit Knäueln und der Anzahl Knäuel je Tüte getestet und stellten eine Zunahme von Generation zu Generation fest, ohne aber das Verhältnis von leeren und vollen Knäueln zu kennen. Am aufschlußreichsten ist daher die Keimfähigkeit, die im ganzen niedrig lag und mit höheren Inzuchtstufen langsam anstieg.

Die zunehmende Vereinheitlichung der vegetativen Inzuchtlinien wurde morphologisch besonders an dem komplexen Blattapparat deutlich. Berücksichtigt man die pleiotrope Wirkung von Merkmalen (BANDLOW 1959), so hat der Anzeiger „Blatt“ noch weitere gleichsinnige Veränderungen anderer Merkmale und Eigenschaften zur Folge, auch wenn sie nicht sofort sichtbar werden. Er kann daher in etwa als Gradmesser für die ansteigende Homozygotierung der ganzen Inzuchtlinien dienen.

Bei unseren mehrjährigen Prüfungen auf Kombinationseignung konnten wir bei Vergleich mit dem Standard mehrfach Heterosis der Bastarde feststellen. Bei Vergleich mit den Durchschnittsleistungen von Inzuchtlinien trat die Heterosis der Bastarde deutlicher hervor.

Die Anzahl der Inzuchtgenerationen betrug bei den diploiden Linien sieben, während andere Autoren durchweg eine bis drei angezogen haben. FILUTOWICZ (1954, 1957) begann nach drei Generationen mit Kreuzungen zweier Inzuchtlinien und selektierte nach Hypokotylfarben mit dem Ergebnis, daß die Rr-Bastardlinien leistungsfähiger waren als diejenigen mit RR bzw. rr. BENC (1963) fand unter 140 Bastarden nach diallelen Kreuzungen zwischen ganz schwach ingezüchteten Rüben — ein bis zwei Generationen — fünf progressive Kombinationen. Die

amerikanischen Züchter haben mit Inzuchthybriden gute Erfolge erzielt. Bei COONS (1937) traten in Verbindung mit *Cercospora*-Untersuchungen unter 22 Inzuchtlinien 41 Hybriden mit 43% höheren Erträgen gegenüber denen der Eltern und mit 40% höheren Erträgen gegenüber der Kontrolle auf. In den Versuchen von STEWART, LAVIS und COONS (1940) war der Rüben-ertrag bei 31 von 41 Inzuchthybriden durchschnittlich um 43% gegenüber dem Elternmittel gestiegen, der Zuckergehalt dagegen leicht

erniedrigt. STEWART, GASKILL und COONS (1946) haben 11 Inzuchtstämme, die durchschnittlich drei Generationen geselbstet waren, mit den beiden Inzuchtlinien U.S. 215 (hoher Wurzel-ertrag, mittlere Polarisation) und U.S. 216 (hohe Polarisation, mäßiger Wurzel-ertrag) gekreuzt. Relativ wenige Hybriden waren im Vergleich zu den Eltern und einem synthetischen, sehr leistungsfähigen Standard überlegen. Das Luxurieren ist bei Verwendung von pollensterilen Linien stärker hervorgetreten. So ist die selbstfertile CT 9 nur mit ms-Linien voll zu hybridisieren, wobei die Bastarde 11–13% Zucker-ertrag mehr als die üblichen Handelssorten ergaben (OWEN, MURPHY, RYSER, 1946). OLDEMEYER und RUSH (1960) verwendeten drei ms-Linien, die aus Inzuchtlinien entwickelt waren, und 17 Pollenspende-erlinien nach drei Generationen Inzucht. Von 90 Hybriden zeigten 36 Heterosis im Rüben-ertrag und 18 im Zuckergehalt. Gleichzeitig in beiden Ertragsfaktoren luxurierten sieben Hybriden, aber nur drei erzeugten hohen Zucker-ertrag. Auch Hybriden, deren einer Elter nur ingezüchtet war — in diesen Fällen zwei ms-Mutterlinien —, haben Heterosis im Zucker-ertrag von 12–18% und in der Polarisation von 1–5% ergeben (MCFARLANE, OWEN, MURPHY, 1961).

Die Versuchsergebnisse der angeführten Autoren weisen in gleiche Richtung wie unsere eigenen und variieren je nach verwendetem Material. Dennoch glauben wir, daß in unseren Versuchen die Heterosis-möglichkeiten nicht voll ausgeschöpft sind: Die Polycrossmethode in der angewandten Form läßt noch unerwünschte intralineare Kreuzungen zu, so daß die Hybridisierung nicht vollständig ist.

Zusammenfassung

Inzuchtlinien von Zuckerrüben sind durch anfängliche Selbst- und spätere Geschwisterbefruchtungen entwickelt worden. Bei diploiden und tetraploiden Rüben tritt Inzuchtdepression auf, die sich in Fruchtansatz, Keimfähigkeit und Ertrag äußert. Die Depression der Diploiden nimmt bei höheren Inzuchtstufen im Fruchtansatz stärker ab und etwas in der Keimfähigkeit. Bei den Tetraploiden dagegen

schwächt sie sich in diesen beiden Eigenschaften kaum ab. Die 2 x-Inzuchtlinien verhalten sich morphologisch im Blattapparat und physiologisch im Schossen sehr verschieden. Einige sind bereits ab I_0 einheitlich, andere spalten in den folgenden Generationen verschieden häufig abweichende Typen ab. Die 4 x-Linien erscheinen im ganzen einheitlicher.

In den Leistungsprüfungen sind Rübenmasse, Zuckergehalt, Zuckerertrag und Krautmasse standardgleich oder erniedrigt. Am stärksten ist der Zuckergehalt gesenkt. Leistungsstarke Inzuchtlinien treten selten auf.

Bei Prüfung auf Kombinationseignung zeigen mehrere Linienbastarde deutliche Heterosis gegenüber den Durchschnittsleistungen der Inzuchtlinien selbst und mittlere Heterosis gegenüber Standard. Die Rübenmasse luxuriert am stärksten, das Kraut mittelmäßig, während der Zuckergehalt niedrig liegt. Eine ähnliche Tendenz zeigen die Ergebnisse des allgemeinen Kleinwanzlebener Zuchtverfahrens. Die einjährigen Versuchsergebnisse mit 4 x-Hybriden — Heterosis gegenüber dem Leistungsdurchschnitt der Inzuchtlinien, aber nicht gegenüber Standard — lassen noch keine allgemeinen Schlüsse zu.

Literatur

1. BANDLOW, G.: Mutationsversuche an Kulturpflanzen X. Über Pleiotropie und eine zweifache Mutante bei Wintergerste. Der Züchter 29, 123–132 (1959). — 2. BANDLOW, G.: Über einige bei Röntgenbestrahlung von Zuckerrübenknäueln aufgetretene Erscheinungen und Fragen. Der Züchter 32, 250–257 (1962). — 3. BENC, S.: Einige Ergebnisse der Kreuzungen zwischen verschiedenen, nicht vollkommen ingezüchteten Zuckerrübenstämmen. Növénytermesztési és Növénytermesztési Kutató Intézet Közleményei Sopronhorpács II Nr. 2, 265–274 (1963). — 3a. BREŽNEV, D. D.: Ein Beitrag zur Heterosis bei Gemüsekulturen. Der Züchter 33, 134 bis 138 (1963). — 4. COONS, G. H.: Improvement of the sugar beet. Yearbook Nr. 1577, United States Dep. Agric. 625–656 (1937). — 5. EICHHOLZ, W.: Zur Heterosiszüchtung bei Zuckerrüben und Vorschläge für die weitere Zusammenarbeit. Internat. wiss. Heterosistagung, Okt. 1961, Sofia 1962, 123–137 (1962). — 6. FILUTOWICZ, A.: Wyniki chowu krewniaczego 4 pokoleń buraka cukrowego i efekt heterozji uzyskany przy skrzyżowaniu I_3 (Ergebnisse der Inzucht von Zuckerrüben in

4 Generationen und der Heterosiseffekt nach I_3 -Kreuzungen). Acta Agrobotanika 2, 137–150 (1954). — 7. FILUTOWICZ, A.: Zastosowanie chowu wsobnego i heterozji w hodowli odmian buraka cukrowego kierunku cukrowego (Die Verwendung von Inzucht und Heterosis bei der Züchtung von industriellen Zuckerrübenvarietäten). Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin Nr. 20, 79–81 (1957). — 8. GERDES, G.: Heterosiseffekt bei Beta-Rüben auf di- und tetraploider Basis. In: Mitteilungen des Forschungsinstitutes für Pflanzenzüchtung und Pflanzenbau in Sopronhorpács II, Nr. 2, 231–241 (1963). — 9. GERDES, G.: Züchtungsmethodische Probleme in der Beta-Rüben-Züchtung. Sitzungsber. XIII, H. 5, 1–54 (1964). — 10. GREBENŠČIKOV, I.: Über den Heterosiseffekt bei F_1 -Bastarden verschiedener Maisherkünfte in einem für Mais besonders ungünstigen Jahre. Z. f. Pflanzenzüchtg. 37, 345–374 (1957). — 11. KAMPE, W.: Neue Zuchtverfahren zur Ausnutzung von Kombinationseffekten bei der Sälzweibel (*Allium cepa* L., var. *cepa*). Der Züchter 35, 30–37 (1965). — 12. KNAPP, E.: Zuchtmethoden bei zweijährigen Fremdbefruchtern. Vortr. f. Pflanzenzüchter 1, 82–107 (1958), DGL-Pflanzenzüchtung, Frankfurt/Main. — 13. MCFARLANE, J. S., F. V. OWEN and A. M. MURPHY: New hybrid sugar varieties for California. J. Amer. Soc. Sugar Beet Techn. 11, 500–506 (1961). — 14. NILSSON, H.: Praktisk betförelse om nyalinier på Svalöf. Sverig. Utsädesförenings Tidskr. 32, 221–251 (1922). — 15. OLDEMAYER, D. L., and G. E. RUSH: Evaluation of combining ability in selffertile lines of sugar beets using malesterile testers. J. Amer. Soc. Sugar Beet Techn. 11, 175–185 (1960). — 16. OWEN, F. V., A. M. MURPHY and P. K. RYSER: Inbred lines from curly top resistant varieties of sugar beets. Proc. 4th gen. meet. Amer. Soc. Sugar Beets 246–252 (1946). — 17. SCHWANITZ, F.: Beiträge zur Züchtung und Genetik selbstfertiler Rüben (*Beta vulgaris* L.) I. Erste Ergebnisse von Kreuzungen zwischen selbststeriler *Beta vulgaris* L. und selbstfertiler *Beta maritima* L. Der Züchter 12, 167–178 (1940). — 18. STEWART, D., C. A. LAVIS and G. H. COONS: Hybrid vigor in sugar beets. J. Agric. Res. 60, 715–738 (1940). — 19. STEWART, D. J., J. O. GASKILL and G. H. COONS: Heterosis in sugar beet single crosses. Proc. 4th gen. meet. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 210–222 (1946). — 20. TJEJBES, K.: Självbefruktning och inavel hos *Beta*. Nordisk Jordbruksforskning 4e–7e Heftet Beretning om Oslokongressen 633–640 (1926). — 21. TJEJBES, K.: Självsterilitet hos *Beta*. Nordisk Jordbruksforskning 11–12. Bd., 660–665 (1929–1930). — 22. VILMORIN, D. J. L.: L'hérédité chez la betterave cultivée. Paris 1923. — 23. ZAJKOVSKAJA, N. E.: Die Veränderlichkeit der Bestäubung und Befruchtung bei der Zuckerrübe in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen (russ.). Dokl. Akad. Nauk 102, 177–179 (1955).

Aus dem Institut für Obstbau und Zierpflanzenbau Dresden-Pillnitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin
Versuchsstation für Obstzüchtung Naumburg/Saale

Ergebnisse der Rebenunterlagenzüchtung mit *Vitis cinerea* Arnold

Von GERHARD SCHÄLLER

Mit 1 Abbildung

A. Einleitung

Die Rebensorte *Vitis cinerea* Arnold wurde für die Rebenunterlagenzüchtung bedeutungsvoll, als von BÖRNER und SCHILDER (1934) erkannt wurde, daß diese Rebensorte an Blatt und Wurzel rebelaus-unanfällig ist. Leider stellte sich bald heraus, daß die *Vitis cinerea* Arnold nicht unmittelbar als Pfropfunterlage verwendet werden kann, weil sie nur sehr dünnes Holz ausbildet, das Steckholz mangelhaft bewurzelt und sehr geringe Affinität zum Edelreis besitzt. Aus diesen Tatsachen ergab sich ein

Programm zur züchterischen Bearbeitung der *Vitis cinerea* Arnold als Unterlagsrebe. BÖRNER (1942) schreibt dazu:

„Wir haben deshalb bereits 1935 damit begonnen, zahlreiche F_1 -Kreuzungen dieser Sorte mit anderen gut wurzelnden und veredlungsfähigen Rebensorten einschließlich der Edelrebe herzustellen, und erwarten in F_2 sowohl wie in Rückkreuzungen rebelausimmune Sämlinge mit allen weinbaulichen Werteigenschaften, wie sie der Pfropfrebenanbau von der Unterlage verlangt.“

Heute, nach etwa 30 Jahren, muß die Frage gestellt werden, ob sich diese Erwartungen erfüllten oder ob