

Bei der 1. Generation zeigte sich in einem von zwei Versuchen eine depressive Nachwirkung des Kaliums auf den Kornertrag, in der 2. Generation jedoch blieben signifikante Nachwirkungen aus. Das Tau-sendkorngewicht der Samen der behandelten Pflanzen war in einem von 2 Versuchen mit dem Kornertrag der aus diesen Samen aufgewachsenen Pflanzen der 1. Generation negativ korreliert. Hochsignifikante Ertragsdifferenzen ergaben sich in der 1. Generation, wenn die Nachkommenschaften verschieden behan-

delter Pflanzen im Gemisch in Gefäßen kultiviert wurden und die Konkurrenz vermutlich stark war.

Literature

1. BRENCHLEY, W. E.: Effect of weight of seed on the resulting crop. Ann. App. Biol. 10, 223 (1923). — 2. DURRANT, A.: The environmental induction of heritable changes in linum. Heredity 17, 27–61 (1962). — 3. VOELKER, J. A.: Reports on field and pot culture experiments. Woburn Experimental Station (1901–1902). — 4. WALDRON, L. R.: A suggestion regarding light and heavy seed grain. Am. Nat. 44, 510 (1910).

Aus dem Forschungsinstitut der A/S De danske Sukkerfabrikker, Kopenhagen

Monogerme Zuckerrüben, ihre Genetik, Züchtung und Bedeutung für den Zuckerrübenbau*

Von KURT SEDLMAYR, Wien

Mit 4 Abbildungen

Die steigenden Preise am internationalen Zuckermarkt zeigen, daß der Zuckerverbrauch schneller wächst als die Produktion. Während die Zuckerrübenflächen der Sowjetunion und der Vereinigten Staaten von Nordamerika in den letzten Jahren wesentlich vergrößert wurden, hindert in Europa der immer größere Mangel an landwirtschaftlichen Arbeitskräften eine Ausweitung der Anbauflächen. Nur eine Vollmechanisierung, vor allem eine Mechanisierung der mühevollen mit der Hand durchgeführten Vereinzelungsarbeiten kann dieses Problem lösen! Voraussetzung hierfür ist der Anbau von monogermem Rübensaatgut.

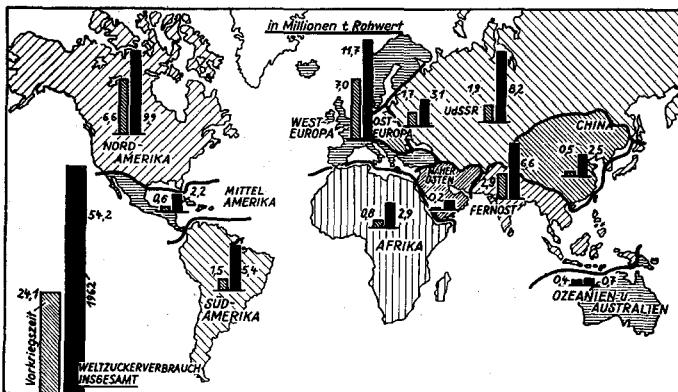


Abb. 1. Weltzuckerverbrauch — Zentrifugalzucker (1934/38 und 1962). Der Weltzuckerverbrauch ist seit der Vorkriegszeit (1934/38) um mehr als das Doppelte gestiegen; neben der Bevölkerungszunahme ist dies vor allem auf das schnelle Ansteigen des Zuckerverbrauches in der UdSSR und den Entwicklungsländern zurückzuführen.
(Aus: BARTENS-MOSLOFF: Zuckerwirtschaftliches Taschenbuch 1963.)

Während in den Vereinigten Staaten heute fast ausschließlich genetisch monogermes Samen gebaut wird und in der Sowjetunion über eine Million Hektar mit monogermem Sorten bestellt wird, konnten sich in Westeuropa die genetisch monogermes Sorten noch nicht durchsetzen. Die amerikanischen und russischen Monogermen haben hier versagt, und man mußte sich mit mechanisch erzeugtem Präzisionssaatgut begnügen. Heute wissen wir, daß dies nur eine Zwischen-

* Nach einem Vortrag, gehalten auf der Arbeitstagung der Vereinigung österr. Pflanzenzüchter in Gumpenstein 1963.

lösung sein kann: auch in Europa gehört die Zukunft den genetisch monogermem Rüben!

In der Sektion *vulgares* der Gattung *Beta* stehen die kleinen zwittrigen Blüten in den ährigen Blütenständen in Gruppen zusammen und verwachsen zu einem Rübenknäuel, einer Sammelfrucht mit 1–5 Samen. Die aus einem solchen Knäuel erwachsenden Pflanzen stehen eng und oft miteinander verflochten beisammen und müssen mit der Hand vereinzelt werden, was nicht nur viel mühsame Handarbeit verlangt, sondern zu einer Beschädigung der belassenen Rüben und zu einer Unterbrechung ihrer Entwicklung führt, die besonders ertragsdrückend wirkt, wenn man sich mit dem Vereinzeln verspätet. Bedenkt man, daß mindestens 90% der aufgegangenen Rüben beim Vereinzeln entfernt werden müssen und diese große Nährstoffmengen den belassenen Jungpflanzen entziehen, dann ist es klar, daß die Züchtung monogermes Rüben einem alten Wunsch entspricht.

Lange aber wurde die Knäufelfruchtigkeit der Rübe als eine artspezifische Gegebenheit betrachtet und in dem Versuch, einkeimige Rüben zu züchten, sah noch FRÜWIRTH eine Utopie, die nie erreicht werden konnte.

Da es aber in der Gattung *Beta* Arten mit einzelstehenden einsamigen Früchten gibt, ließ die Theorie VAVILOVS über Parallelvariationen die Entstehung einzelfrüchtiger Mutanten in unseren Kulturrüben als möglich erscheinen.

Tatsächlich führte eine gigantische Suchaktion sowjetischer Forscher im Anfang der dreißiger Jahre zur Auffindung monokarper Zuckerrüben. Unter mehr als 22 Millionen untersuchten Samenrüben

Tabelle 1. Zusammenhang zwischen Gewicht der einzelnen Samen eines Knäuels und dem der daraus erwachsenen Rüben.

(Aus: KOLOMIEC, O. K., 1956.)

Gewicht des einzelnen Samens (mg)	5.2	4.0	3.1	2.0	1.5
Rübengewicht (g)	503	423	326	270	150
Selbst im Falle einer idealen Segmentierung des Knäuels in seine einzelnen Teile wären diese nicht gleichwertig.					

Tabelle 2. Samengewicht und Blütenanlage.

(Aus: ORLOVSKIJ, N. I., 1957.)

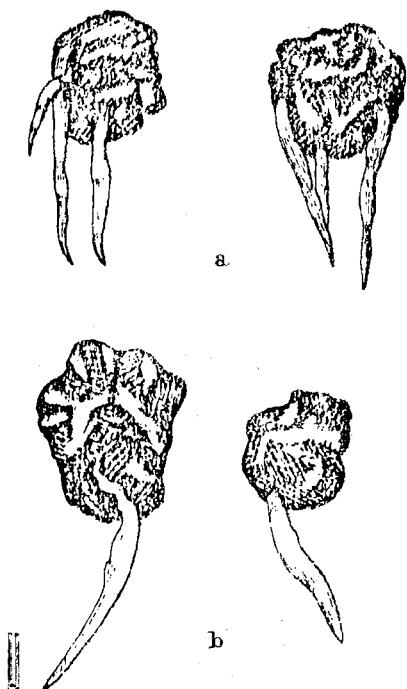
Knäuel	Blüte				
	Nr. 1	Nr. 2	Nr. 3	Nr. 4	Nr. 5
Samengewicht (mg)					
1	9,3	7,0	6,9	5,0	4,1
2	7,6	3,0	3,9	3,7	—
3	6,7	2,9	0,5	—	—

In den zuerst angelegten Blüten eines Knäuels entwickeln sich größere und schwere Samen.

Tabelle 3. Korrelation zwischen dem Gewicht der Früchte und der Samen monogermer Rüben.

(Aus: KOLOMIEC, O. K., 1956.)

Durchmesser der Früchte (mm)	6	5	4	3,5
Gewicht von 1000 Früchten (g)	31,5	21,8	15,0	10,8
Gewicht von 1000 Samen (g)	6,2	5,4	4,0	3,6

Abb. 2. Keimung der Rübe: a) Polygerm; b) Monogerm.
(Aus: ORLOVSKYJ, N. I., 1957.)

wurden 100 mit mehr oder weniger einkeimigen Früchten gefunden!

Aus diesen Rüben wurde in zäher und geduldiger Arbeit — unter Anwendung der klassischen Methoden der Zuckerrübenzüchtung: Massenauslese, Kreuzung mit Multigermen, Einzelrübenauslese — diploide Sorten entwickelt, die heute in Rußland die alten multigermen Zuckerrübensorten im Zuckerertrag erreichen und, wie schon erwähnt, auf ausgedehnten Flächen gebaut wurden.

In den Vereinigten Staaten hatten TOWNSEND und RITTUE (1915) schon am Beginn des Jahrhunderts versucht, durch Auslese aus multigermen Sorten einkeimige Sippen zu entwickeln. Tatsächlich gelang es, durch wiederholte Selektion den Anteil an einkeimigen Früchten zu steigern, ein durchschlagender Erfolg blieb aber dieser Arbeit versagt. Unter dem Druck des immer ärgeren Arbeitskräftemangels wurde diese Arbeit von BREWBAKER (1946) nach dem zweiten Weltkrieg wieder aufgenommen, aber nach der Auffindung



Abb. 3. Monokarpe Knospe.

monogermer Mutanten durch SAVITSKY im Jahre 1952 abgebrochen.

SAVITSKY, der als Leiter des zentralen Forschungsinstitutes für Zuckerrüben in Kiew mit seiner Frau schon an der Suche nach monogermen Rüben in der Sowjetunion teilgenommen hatte, hat in den Vereinigten Staaten in den 50er Jahren eine große Suchaktion begonnen. Schon schien alles Suchen vergeblich, als nach Abbruch der Aktion SAVITSKY persönlich die vielgesuchte monogerme Mutante fand, die der Ausgangspunkt für die ganze amerikanische Monogermszüchtung werden sollte. Wie so oft hat auch hier der Zufall bei der Arbeit des Züchters eine entscheidende Rolle gespielt. Aber nur der fanatischen Ausdauer und dem genetischen Wissen SAVITSKYS war es zu danken, daß diese Mutante erfaßt, erhalten und für die Züchtung verwendet wurde.

Die gefundene monogerme Rübe SLC 101 war spätreif und selbstfertil, beides eine Voraussetzung für ihre Auffindung. Da die Knäuelfruchtigkeit von einer Serie von Allelen dominant vererbt wird, bedeutet die Mutation eines Allels von *M* nach *m* noch keine sichtbare Änderung des Merkmals Knäuelfruchtigkeit. Unbemerkt wird die Mutation in der multigernen Population untergehen, wenn nicht eine Selbstbefruchtung möglich und durch die Spätreife erzwungen wird. Erst jetzt, im homozygoten Zustand, wird die Mutation manifest, die Monogermie sichtbar! Dies war scheinbar bei der Rübe 101 der Fall. Ihre Selbstfertilität, ausgelöst durch das Gen *S_f*, und ihre Spätreife haben eine Fremdbefruchtung verhindert, und so konnte eine homozygote Rübe der Formel *mm* entstehen, die von SAVITSKY entdeckt wurde.

Die Wahrscheinlichkeit der Entstehung einer solchen monogermen Rübe ist um so geringer, als die spätreifen Mutanten entweder überhaupt nicht geerbt werden oder ihre kleinen notreifen Samen bei der Reini-



Abb. 4. Blütenzweig eines monokarpfen Rübensamenträgers.

gung entfernt werden oder nicht keimen. Es ist also kein Wunder, daß in Europa keine solche Mutanten gefunden wurden, und man muß BAROCKA (1962) recht geben, wenn er sagt, daß es (trotz einiger anderslautender Berichte) noch niemandem außer SAVITSKY gelungen ist, auch nur eine 100% monogerme Samenrübe zu finden!

Ausgehend von dieser einen spätreifenden, kleinfrüchtigen, selbstfertilen und schwächlichen Mutante wurden in vordildlicher Gemeinschaftsarbeit von den amerikanischen Zuckerrübenzüchtern durch planmäßige Rückkreuzung mit multigermen Sorten die verschiedensten Zuchtrichtungen ertragreicher, zuckerreicher, curlytop- und cercosporaresistenter, selbstfertilier und selbststeriler Linien für die verschiedenen Ansprüche des amerikanischen Zuckerrübenbaues entwickelt.

Für die Erzeugung von Gebrauchssaatgut wurde aber unter dem Eindruck der großen Erfolge der Heterosiszüchtung bei Mais ein neuer Weg gewählt — nämlich die Erzeugung von Hybridsaatgut durch Kreuzung pollensteriler Inzuchtslinien mit multigermen Bestäubern.

Voraussetzung hierfür war die Auffindung von pollensterilen Rüben durch OWEN (1945) und die Klärung ihrer Genetik. Wir werden auf diese Frage noch zurückkommen: hier nur so viel, daß das Gebrauchssaatgut aus der Kreuzung mit multigermen Bestäubern entweder von den pollensterilen monogermen Samenträgern geerbt oder bei gemeinsamer Ernte das monogerme Saatgut durch spezielle Reingungs- und Sortiermaschinen von dem multigermen getrennt wird. Auf diese Weise wird heute das genetisch monogerme Hybridsaatgut für den amerikanischen Zuckerrübenbau im Großen hergestellt.

Sowohl die amerikanischen als die russischen diploiden monogermen Sorten haben unter europäischen Verhältnissen versagt: sie konnten weder im Zuckergehalt noch im Zuckergehalt unsere anisoploiden Standardsorten erreichen und sind mit zahlreichen Fehlern behaftet, die ihren Anbau in Europa unmöglich machen. Neue Wege mußten gesucht werden, um für Europa passende, leistungsfähige polyploide, monogerme Sorten zu entwickeln.

Bevor wir diese Möglichkeiten untersuchen, müssen wir nochmals kritisch auf die Genetik der Monogermie, der Pollensterilität und der Selbstfertilität bei *Beta vulgaris* zurückkommen.

Die Genetik der Monogermie

Nach SAVITSKY (1958) wird die Monokarpie* der Rübe einfach rezessiv durch das Gen *m* vererbt. Tatsächlich sind die Hybriden zwischen mono- und polykarpen Rüben in der F_1 stets polykarp, doch ist

1. die Dominanz keine vollkommene,
2. wird die Fruchtigkeit der Nachkommenschaft von der Polykarpen bestimmt,
3. findet man bei der Aufspaltung in der F_2 stets weniger, oft viel weniger Monokarpe als erwartet.

* Von monokarpen Rüben sprechen wir, wenn die Blüten und Früchte einzeln stehen, was allerdings die Bildung von zwei Samen in einem Nüßchen oder von zwei Keimen aus einem Samen nicht ausschließt. Für die Praxis ist es entscheidend, daß aus einer Frucht nur ein Keimling entsteht, daß das Rübensaatgut monogerm ist.

Die Monokarpie ist eben ein viel komplexerer Begriff, als man das haben möchte: die Höchstblütigkeit wird durch eine Reihe von Allelen genetisch bestimmt, aber auch der Prozentsatz an monokarpen Früchten an einer Samenstaude ist außer von den Umweltbedingungen genetisch kontrolliert, und zwar meist so, daß bei einer niedrigeren HB** mehr monokarpe Früchte gefunden werden. Die Mendelspaltung wird durch die selektive Befruchtung auch innerhalb einer Pflanze dadurch gestört, daß

1. der *m*-Pollen eine geringere Vitalität besitzt (Paraselektivität),
2. der *M*-Pollen auf *m*-Narbe schneller keimt, (Euselektivität)
3. die *mm*-Embryonen eine geringere Lebenserwartung haben (Pseudoselektivität).

Diese Selektivität kann so weit gehen, daß bei der Kreuzung einer monogermen, pollensterilen Inzuchtslinie mit multigermer Rosa Beta Futterrübe in der F_2 unter 2000 Samenrügen nur 8 Monogerme gefunden wurden.

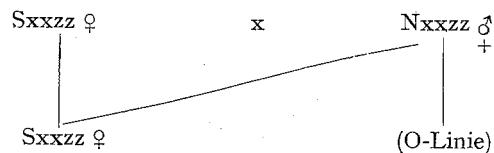
Noch schwieriger ist es, die schrittweise Umwandlung polykarper Sippen in monokarpe zu erklären, wenn man nicht mit RÖSTEL (1962) eine polygene Vererbung annimmt, was der Ansicht SAVITSKYS völlig widerspricht.

Es wäre aber ein schwerer Fehler, sich als praktische Züchter bei dem heutigen Stand der Forschung auf die eine oder andere Hypothese festlegen zu wollen, da es scheinbar möglich ist, auf verschiedenen Wegen das erstrebte Ziel zu erreichen.

Die Genetik der Pollensterilität

Am Anfang der vierziger Jahre fand OWEN (1945) in den curlytopresistenten Sorten US 1 und US 33 Samenrügen mit weißen leeren Antheren. Nach Paarkreuzung mit pollenfertilen Rüben verschiedener Abstammung war die Nachkommenschaft entweder voll fertil oder halbsteril oder pollensteril. Trotz einiger Komplikationen, auf die hier nicht näher eingegangen werden soll, kann angenommen werden, daß die Pollensterilität plasmatisch vererbt und durch zwei Gene gesteuert wird.

Wenn wir das normale Plasma mit N, das Plasma der Pollensterilen mit S, die Restorerogene mit X und Z bezeichnen, können wir die Vererbung der Pollensterilität mit folgender Formel ausdrücken:



Die Nachkommenschaft der mit Pollen von O-Linien bestäubten Pollensterilen ist also wieder pollenschwer, und wir haben so die Möglichkeit, die an und für sich natürlich unfruchtbaren Pollensterilen nach Belieben zu vermehren und als weibliche Partner zur Erzeugung von Heterosissorten zu verwenden.

Die schwierigste Aufgabe für den Züchter ist die Auffindung von „guten“ O-Linien, die nicht nur die Pollensterilität rein erhalten, sondern eine entsprechende Leistung und Kombinationsfähigkeit aufweisen.

** HB = Höchstblütigkeit, nach BAROCKA (1959) die maximale Zahl von Blüten in einem Blütenknäuel.

Zur Erzeugung des Gebrauchssaatgutes können die Pollensterilen mit jeder beliebigen multigermen Inzuchlinie oder Population entsprechender Kombinationsfähigkeit bestäubt werden. Bei der Verwendung von tetraploiden Bestäubern erhalten wir so rein triploide Hybriden. Der Samen der Pollensterilen muß aber entweder getrennt geerntet oder der monogerme Samen durch Sortierung mit entsprechenden Maschinen von dem multigermen getrennt werden. Dies ist ohne weiteres mit großer Genauigkeit möglich, da sich die monogermen Früchte schon durch ihre flache Form von den größeren und runden Polygermen unterscheiden.

Genetik der Selbststerilität und Selbstfertilität

Es ist klar, daß die Auffindung und Stabilisierung von O-Linien mit homozygot rezessiven Restorergegenen $xxxx$ in einem fremdbefruchtenden, heterozygoten Material auf Schwierigkeiten stößt und nur durch wiederholte Auslese erreicht werden kann. Die amerikanischen Züchter haben daher bei der Züchtung pollenseriler Zuckerrüben mit Eifer die selbstfertilen Rüben benutzt, die bei einer Isolierung in Papiertüten sich selbst befruchten können und keimfähige Samen bringen.

Die Selbstfertilität wird nach OWEN durch einen einfachen Mendelfaktor S_f ausgelöst und kann so in jedes beliebige Material (also auch in unsere selbststerilen Zuckerrübensorten) eingeführt werden.

Die Selbststerilität wird mit der Theorie der oppositionellen Faktoren erklärt: Danach ist eine Rübe mit den Allelen S_1 und S_2 mit dem eigenen Pollen inkompatibel und ebenso inkompatibel mit dem Pollen S_1 und S_2 jeder anderen Pflanze, kann aber mit dem Pollen $S_3 - S_x$ derselben Allelserie befruchtet werden. Bei *Beta vulgaris* steht aber diese Theorie leider auf schwachen Füßen, da man so Paare finden müßte, die dieselben Allele aufweisen und sich daher nicht gegenseitig befruchten können. Dies ist aber nach meinen Beobachtungen nie der Fall.

Auch müssen wir (was bisher nicht beachtet wurde) zwischen potentiellen und obligaten Selbstbefruchtern unterscheiden, also zwischen Rüben, die sich in Abwesenheit fremden Pollens selbst befruchten können und in Isolatoren lebensfähigen Samen geben (aber in Anwesenheit fremden Pollens von diesem bevorzugt werden), und Rüben, die auch in Anwesenheit fremden Pollens vom eigenen Pollen befruchtet werden.

Dieser Unterschied ist natürlich von größter Bedeutung für den Züchter, da die obligate Selbstbefruchtung unweigerlich zu einer Inzuchtdépression und zur Homozygotie führt, die zwar im speziellen Fall erwünscht sein kann, aber eine große Gefahr bedeutet, da die Reine Linie die Zucht tötet, die Anpassungsfähigkeit vermindert, auch wenn ihre spezielle Kombinationsfähigkeit einen maximalen Heterosiseffekt bewirkt.

Trotzdem die Genetik der Monogermie, Pollensterilität und Selbstfertilität komplizierter ist, als man dies dachte, wissen wir doch heute mehr über diese grundlegenden Fragen und wollen zum Schluß die Möglichkeiten untersuchen, die zur Züchtung vollwertiger polyploider, monogemer europäischer Zuckerrübensorten führen können.

Bevor wir aber darauf eingehen, wirft sich unwillkürlich die Frage auf, warum die europäische Zuckerrübenzüchtung, die doch sonst immer an der Spitze war, sich auf diesem Gebiete verspätet hat? Die Antwort ist, wie mir scheint, einfach: Der große Erfolg der Polyploidiezüchtung und das Versagen der russischen und amerikanischen Monogermen hat gezeigt, daß man mit großer Geduld und Vorsicht vorgehen muß, wenn man die Monogermie nicht mit Ertrags- und Qualitätsverlusten erkaufen will, die für die europäische Landwirtschaft und Zuckerindustrie untragbar wären.

Darüber hinaus — und das ist, wie mir scheint, bisher nicht genügend beachtet und betont worden — hat erst die Polyploidie und die damit verbundene Oligermie, also die geringere Fruchtigkeit der polyploiden Rübensamenknäuel die Erzeugung eines Präzisionssaatgutes hoher Monogermität möglich gemacht. Dieses Präzisionssaatgut kann von jeder beliebigen und bewährten polyploiden Sorte hergestellt werden und ist nicht mit den Fehlern und Schwächen der genetisch Monogermen belastet. Es ist einfach eine zu mindestens 70% monogerme Form der bewährten und erprobten polyploiden Standardsorten mit dem einzigen Fehler, daß seine Monogermie nicht vollkommen und sein Feldaufgang geringer ist als der der genetisch Monogermen (GRAF 1963). Dieses mechanisch erzeugte Präzisionssaatgut ist also eine Zwischenlösung, die es uns gestattet, die Züchtung der genetisch monogermen Zuckerrüben in aller Ruhe und Gründlichkeit durchzuführen und einstweilen die Technik der Einzelkornsaat vorzubereiten und zu erlernen, ohne die der Anbau genetisch monogermen Saatgutes sinnlos wäre!

Welche Wege können also bei der Züchtung polyploider, hochleistungsfähiger und qualitativ hochwertiger monogemer Zuckerrüben in Europa beschritten werden?

1. Die Kreuzung amerikanischer pollenseriler diploider Inzuchlinien und Einzelkreuzungen mit europäischen Tetraploiden. Die so erzeugten reinen triploiden, von den diploiden Pollensterilen geernteten oder mechanisch getrennten Monogermen sind kleinsamig, gut befruchtet und haben einen energischen Feldaufgang. Leider werden aber die Fehler und Schwächen der amerikanischen Monogermen von den tetraploiden europäischen Bestäubern nicht immer genügend überdeckt. Wir müssen also die amerikanischen Inzuchlinien

2. durch Rückkreuzung mit europäischen Diploiden verbessern. Vier- bis sechsfache Rückkreuzung ist nötig, um das Genom der Monogermen mit einiger Sicherheit zu verdrängen, doch können bereits ein oder zwei Kreuzungen und eine damit verbundene Auslese zu einer wesentlichen Verbesserung des monogernen Ausgangsmateriales führen. Trotzdem ist diese Arbeit schwierig und langwierig, da gleichzeitig die Monogermie, die Pollensterilität und die Homozygotie der O-Linien erhalten werden muß (Tab. 4).

3. können aus oligermen oder bigermen Sippen, die auch in unserem europäischen Zuchtmaterial anzutreffen sind, Sippen mit einem hohen Anteil von Monogermen langsam entwickelt werden. Es ist zu

Tabelle 4. Erhöhung des Zuckerertrages monogermer Rüben.
Rückkreuzung mm × MM
(Aus: BREWBAKER, H. E., et al. 1960.)

Sorte	Rüben- Ertrag	Zucker	
		%	Ertrag
GW 674 MM	100	100	100
B ₅ mm	102	100	102
B ₄ mm	97	102	98
B ₃ mm	94	99	93
B ₂ mm	89	100	89
SL 101	50	104	51

Bereits nach der 5. Rückkreuzung konnte der Zuckerertrag der polygermen Ausgangsorte erreicht werden. Ein richtiges Schulbeispiel für die Anwendung der Rückkreuzungsmethode bei der Rübe.

hoffen, daß diese mit weniger unerwünschten Merkmalen belastet sind als die Nachkommenschaften der Mutante SLC 101, aber auch wahrscheinlich, daß ihre Monogermie keine vollkommene sein wird (Tab. 5).

Tabelle 5. Ergebnisse der Züchtung auf Monokarpie in 6 Auslesegenerationen.
(Aus: RÖSTEL, H. J., 1962.)

		Mittel der Monokarpie %
P-Generation	1955	24
1. Auslesegeneration	1956	42
2. "	1957	35
3. "	1958	80
4. "	1959	88
5. "	1960	95
6. "	1961	97

4. können durch Colchicinbehandlung großfrüchtige tetraploide monogerme Sippen erzeugt und diese durch Bestäubung mit diploiden europäischen Multigermen zur Erzeugung von Tetra-Trihybriden* verwendet werden. Die Großfruchtigkeit und die damit verbundene Großsamigkeit der Tetraploiden bedeutet sicherlich einen Vorteil, und die selektive Befruchtung der Tetraploiden durch den haploiden Pollen der diploiden Bestäuber sollte einen Anteil von 70% Hybriden sichern. Dieser Anteil kann durch den Einbau einer teilweisen Pollensterilität noch erhöht werden. Die schlechte Befruchtung und geringe Keimfähigkeit der tetraploiden Monogermen erschwert aber diese Arbeit.

5. kann man noch immer von der Kreuzung mit monogernen Wildrüben einen Erfolg erhoffen, obwohl die bisherigen Versuche negativ verlaufen sind. Es ist zwar gelungen, durch Bastardierung mit *Beta lomatogona* lebensfähige vollfertile diploide (SCHREIBER 1953) und tetraploide (FILUTOVICZ 1959) Hybriden zu bekommen, doch haben diese bisher in der großen Praxis keinen Eingang gefunden.

6. kann man an die Erzeugung von monogermen Mutanten durch Bestrahlung oder chemische Mutationen denken, doch sind bisher alle diesbezüglichen

* Als „Tetra-tri“-Hybriden bezeichnen wir in der Praxis die Nachkommenschaft tetraploider Samenrüben nach freier Bestandeskreuzung mit diploiden Bestäubern. Neben triploiden Hybriden enthält diese auch eine gewisse Zahl von Tetraploiden und ist in vieler Beziehung verschieden von der Nachkommenschaft der diploiden Samenträger der gleichen Bestandeskreuzung. Morphologische, physiologische und genetische Unterschiede, auf die hier nicht näher eingegangen werden kann, können aber für die Leistung der Sorte von Bedeutung sein.

Tabelle 6. Zusammenfassung der Ergebnisse der Sortenversuche 1963 mit monogernen Zuckerrüben in Österreich.*

	Rüben- Ertrag	Zucker rel.	Dig. %
M 3	107	105	17,9
G 3	110	104	17,3
N 3	104	103	18,2
I 3	108	103	17,3
H 3	108	102	17,3
F 3	99	98	18,2
J 3	99	96	17,8
K 3	98	96	17,8
E 3	92	90	17,9
O 3	86	84	17,7
D 3	84	83	18,0

* Durchgeführt von der Bundesanstalt für Pflanzenbau und Samenprüfung in Wien (Dipl. Ing. A. GRAF).

Durchschnitt von 12 Versuchsstellen in Österreich, ausgedrückt in % der polygermen Standardsorten.

Die Ergebnisse der vorjährigen Versuche zeigen, daß einige unter den europäischen monogernen Neuzüchtungen die besten polygermen Standardsorten im Rüben- und Zuckerertrag erreichen oder sogar übertreffen.

Versuche vergebens geblieben. Immerhin müßte man die Mutationsrate bei labilen bigermenten Sippen auf diese Weise, wie dies auch BAROCKA (1959) vorgeschlagen hat, erhöhen können.

7. kann man durch Verwendung chemischer Gametocide (BUTTERFASS 1960) eine teilweise chemische Kastration monogerner Sippen versuchen, um so eine biologische Kastration mit allen ihren Schwierigkeiten zu vermeiden oder die selektive Befruchtung der Tetraploiden zu verbessern.

Es wäre voreilig, heute über die Erfolgsaussichten und Schwierigkeiten dieser verschiedenen Wege zu genetisch monogermem Rübengesamtgut ein Urteil zu fällen. Schließlich ist die Praxis der beste Prüfstein für die Richtigkeit jeder Hypothese.

Ich konnte zeigen, wie in der Sowjetunion und in den USA zwei völlig verschiedene Wege zur Züchtung brauchbarer monogerner Sorten geführt haben, von Sorten, die allerdings unter europäischen Verhältnissen unsere polyploiden Standardsorten nicht erreichen. In Europa fehlt ein solches einheitliches Konzept: auf verschiedenen Wegen versuchen die europäischen Züchter das Ziel zu erreichen. Dies mag als Schwäche erscheinen und zu einer Zersplitterung der Kräfte führen; ich bin aber überzeugt, daß gerade die Vielfalt der angewandten Methoden, das Fehlen eines einheitlichen Züchtungsschemas, der freie Wettbewerb der europäischen Züchter das Geheimnis des Erfolges birgt, der dieser Arbeit beschieden sein wird.

In den vorjährigen amtlichen Sortenversuchen der Bundesanstalt für Pflanzenzucht und Samenprüfung in Wien haben an 7 verschiedenen Versuchsstellen erstmalig europäische Züchter mit ihren neuen monogernen Zuckerrüben teilgenommen. Einige unter ihnen haben die multigermen polyploiden Standardsorten im Zuckerertrag nicht nur erreicht, sondern übertroffen (Tab. 6).

Die Monogermie kann also für den europäischen Zuckerrübenbau mehr bedeuten als eine bloße Arbeitersparnis beim Vereinzeln. Sie ist, wie ich überzeugt bin, ein Meilenstein in der Geschichte der Rübenzüchtung, ein neuer Beginn, der zur Züchtung besserer Zuckerrübensorten führen wird. Noch sind

manche Schwierigkeiten zu überwinden, Probleme des Samenbaues, der Saatgutbereitung, Polierung, Kalibrierung, Pillierung, Einzelkornsaat der Monogerme zu lösen. Trotz aller dieser Schwierigkeiten ist ihr Erfolg nicht mehr aufzuhalten und wird dem europäischen Rübenbau einen neuen Aufschwung geben!

Literatur

1. ARTSCHWAGER, E.: Development of flowers and seed in the sugar beet. J. Agric. Res. **34**, 1–25 (1927). — 2. BAROCKA, K. H.: Die „einzelfruchtigen“ Arten der Gattung *Beta* L. im Hinblick auf ihre mögliche Verwendung zur Einkreuzung in *Beta vulgaris* L. subsp. *vulgaris*. Der Züchter **29**, 193–203 (1959). — 3. BAROCKA, K. H.: Die Variabilität des Fruchtermerkmals Mehrblütigkeit von *Beta vulgaris* L. Z. Pflanzenz. **43**, 377–389 (1960). — 4. BAROCKA, K. H.: The selection of single germ sugar beet plants from bigerm material. I.I.R.B. **25**, 357–364 (1962). — 5. BARTENS, A., und MOSLOFF: Zuckerwirtschaftliches Taschenbuch 1963. — 6. BORDONOS, M. G.: A study on the inheritance of the single germ character in beets. USSR All Union Res. Inst. Sug. Beet Ind. S. 357–359 (1939). — 7. BORDONOS, M. G.: The characteristics of single germ beet hybrids. USSR All Union Res. Inst. Sug. Beet Ind. S. 238–240 (1940). — 8. BORDONOS, M. G.: Unilocular monogerm types of sugar beets. Proc. Lenin All Union Acad. Agric. Sci. No. **11**, 3–4 (1941). — 9. BORDONOS, M. G.: Ways of creating monogerm beet. Selekcija i Semenovodstvo No. 6, 46–48 (1960). — 10. BREWBAKER, H. E., R. R. WOOD and H. L. BUSH: Single germ seed. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **4**, 259–262 (1946). — 11. BREWBAKER, H. E., R. K. OLDEMEYER and H. L. BUSH: Development of monogerm varieties of sugar beets by the backcross method. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **11**, 252–257 (1960). — 12. BUTTERFASS, TH.: Künstlich induzierte Pollensterilität bei Zuckerrüben. Zucker **13**, 164–165 (1960). — 13. CSAPODY, M.: Die Züchtung von monogermen Rüben. Növenynem. Kut. Int. Közl. **1**, 95–106 (1961). — 14. DESPREZ, Y.: Report on trial with genetic monogerm seed. I.I.R.B. **25**, 353–357 (1962). — 15. FILUTOVICZ, A.: Breeding monogerm varieties of sugar beet. Biul. Inst. Hodowl. Akklimatiz. Roslin No. **2**–**3**, 11–16 (1959). — 16. FISCHER, H. E.: Untersuchungen an Zwillingen von *Beta vulgaris*. Der Züchter **26**, 136–152 (1956). — 17. GOLEV, I. F.: The monogerm seed ball character in sugar beet. Agrobiologija S. 155–156 (1962). — 18. GRAF, A.: Neue Gesichtspunkte bei den Frühjahrsarbeiten im Zuckerrübenbau. I.I.R.B. S. 49–54 (1963). — 19. HEINISCH, O., M. L. KLAUSS und G. DARMER: Entwicklung und Bau des Rübenknäules im Hinblick auf seine Zertrümmerungsfähigkeit und die Bedeutung des Zuchzieles „Einzelfruchtigkeit“. Der Züchter **22**, 79–84 (1952). — 20. HENDRIKSON, A. J., and S. ELLERTON: Report of performance trial of genetic monogerm seed. I.I.R.B. **25**, 345–352 (1962). — 21. KNAPP, E.: Genetic experiences with single-fruited sugar beets. Max-Planck-Institut für Pflanzenogenetik. — 22. KNAPP, E.: Monogerme Zucker- und Futterrübensaatgut. Deutsche Landw. Pr. **11**, 65–66 (1960). — 23. KNOLLE, W.: Einkeimiger Rübensamen, ein Züchtungs-, aber auch ein Ingenieurproblem. Tech. i. d. Landwirtschaft No. 2, 1–22 (1942). — 24. KOLOMIEC, O. K.: Monogerm Sugar Beet. Moskva. Saharnaja Svekla No. 7 (1956). — 26. LACHOWSKI, J.: Studies of the practical value of monogerm and bigerm sugarbeet varieties obtained by means of breeding. Hodowlia Roslin Aklimatyz. Nasiennictwo **4**, 377–395 (1960). — 26. LÜDECKE, H.: Mehrjährige Aussaatmengenversuche mit Zuckerrüben unter besonderer Berücksichtigung des Monogermssamens. Zucker **8**, 126–127 (1955). — 27. MAGASSY, L.: Adatok a poliploid *Beta* repak megtermékenyüléshez és pollenvízsgalathoz. Növenytermeles **10**, 133–134 (1961). — 28. MANZELEJ, I. I.: The ways for further improvement of the productiveness of monogerm sugar beet. Sahar. Svekla. **11**, 32–38 (1958). — 29. MURPHY, A. M., and V. F. SAVITSKY: Breeding for resistance to curly top in hybrids with monogerm beets. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 387–389 (1952). — 30. NAGAO, S., M. TAKAHASHI, and T. KINOSHITA: A basic gene for monogerm character in beets. J. of the Faculty of Agricult., Hokkaido Univ. **52**, 246–255 (1962). — 31. NEGOKSKIJ, N. A., and A. A. TKACSENKO: Biological characteristics of planting material and seed quality of monogerm sugar beet. Sahar. Svekla. No. 2, 36–37 (1959). — 32. OLDEMAYER, R. K.: Use of an annual tester for the monogerm conversion of inbred lines of sugar beets. J. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **11**, 591–594 (1961). — 33. ORLOVSKIJ, N. I., O. K. KOLOMIEC and A. V. POPOV: Monogerm sugar beet. Vestn. selskohozjastv. Nauk No. **12**, 65–74 (1957). — 34. ORLOVSKIJ, N. I.: The breeding and seed production of monogerm sugar beet. Agrobiologija No. **6**, 846–851 (1961). — 35. OWEN, F. V.: Cytoplasmatically inherited male-sterility in sugar beets. J. Agric. Res. **71**, 423–445 (1945). — 36. OWEN, F. V., A. M. MURPHY, C. H. SMITH and O. K. RYSER: Preliminary yield tests with F_1 male-sterile monogerm hybrid sugar beets. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 45–48 (1954). — 37. PINCUK, P. D.: Breeding monogerm mangels. Agrobiologija S. 124–126 (1961). — 38. PETERSON, D. F.: A monogerm gene from MW 391. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 49 (1954). — 39. RÖSTEL, H. J.: Ergebnisse der Züchtung und des Anbaus monokarper Zuckerrüben. Sch. Landw. Ber. **13**, 590–593 (1962). — 40. RYSER, G. K., and V. F. SAVITSKY: Sugar percent in progenies derived from hybrids to monogerm sugar beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 354–359 (1952). — 41. SAVITSKY, H.: Embriology of mono- and multigerm fruits in the Genus *Beta* L. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **6**, 160–164 (1950). — 42. SAVITSKY, H.: Selective fertilization studies and recovery of self-sterile from self-fertile races of monogerm sugar beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 339–343 (1952). — 43. SAVITSKY, H.: Selective fertilization studies and recovery of self-sterile races of monogerm sugar beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 339–343 (1952). — 44. SAVITSKY, H.: Self-sterility and self-fertility in monogerm beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, 29–33 (1954). — 45. SAVITSKY, H.: Obtaining tetraploid monogerm self-fertile, self sterile and male sterile beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, 50–58 (1954). — 46. SAVITSKY, V. F.: Genetics of the sugar beet. Monograph for biology, genetics, breeding of sugar beets (russisch). Vol. 1, S. 551–684. Kiev: 1950. — 47. SAVITSKY, V. F., and H. SAVITSKY: Monogerm sugar beets in the United States and their origin in the population. A.A.A.S. Meeting, June 1950, Salt Lake City, 17–19. — 48. SAVITSKY, V. F.: Monogerm sugar beets in the United States. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **6**, 156–159 (1950). — 49. SAVITSKY, V. F.: Methods and results of breeding work with monogerm beets. Proc. Am. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 344–351 (1952). — 50. SAVITSKY, V. F.: A genetic study of monogerm and multigerm characters in beets. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **7**, 331–338 (1952). — 51. SAVITSKY, V. F.: Inheritance of the number of the flowers in flower clusters of *Beta vulg.* L. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 3–15 (1954). — 52. SAVITSKY, V. F., and A. M. MURPHY: Study of inheritance for curly top resistance in hybrids between mono- and multigerm beets. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 34–44 (1954). — 53. SAVITSKY, V. F., and G. K. RYSER: Sugar content in mono- and multigerm sugarbeet hybrids, carrying the gene m isolated from Michigan hybrid 18 and the gene m from variety US 22/3. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 23–28 (1954). — 54. SAVITSKY, V. F., G. K. RYSER, G. E. RUSH, and C. P. PARRISH: Inter-relation between weight of seed and fruit and utilitarian characters in inbred lines and hybrids of monogerm sugar beets. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **8**, Part 2, 399–404 (1954). — 55. SAVITSKY, V. F.: Appearance of cytoplasmatic male sterility in beets after hybridization of hermaphrodite plants in multigerm varieties to monogerm races. Abstr. 9th general meeting Amer. Soc. Sug. Beet Tech. San Francisco, 6–7 (1956). — 56. SAVITSKY, V. F.: Genetische Studien und Züchtungsmethoden bei monogermen Rüben. Z. Pflanzenz. **40**, 1–36 (1958). — 57. SAVITSKY, V. F.: Sucrose and weight of root in tetraploid monogerm and multigerm sugar beet populations under different mating systems. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. **11**, 676–711 (1962). — 58. SCHLÖSSER, L. A.: Der Weg zu natürlichem

- Monogerm-Saatgut. Zucker 13, 562–564 (1960). — 59. SCHLÖSSER, L. A.: Stand der Monogermzüchtung bei der Zuckerrübe. Ber. über die Tagung der Saatzuchtleiter, Gumpenstein 1961, 132–149. — 60. SCHLÖSSER, L. A.: Zur Züchtung monokarper Zuckerrüben. I.I.R.B. 25, 333–344 (1962). — 61. SCHREIBER, H.: Die Züchtung einer natürlich einkeimigen Zuckerrübe. Zuckerrübe 2, 5–6 (1953). — 62. SEDLMAYR, K.: Repanemesítés. Budapest: 1947. — 63. SEDLMAYR, K.: Wege zu monogermem Rübensaatgut. Vortrag. Wien 1962. — 64. STEWART, D.: Observations on F_2 and F_3 generations of the sugar beet hybrid, leaf spot resistant multigerm × monogerms SLC 101. Proc. Amer. Soc. Sug. Beet Tech. 7, 364–370 (1952). — 65. TISCENKO, A. V.: The breeding of monogerm sugar beet at the Poltava Agricultural Institute. Sahar. Svetla No. 1, 38–40 (1959). — 66. TOLMAN, B.: Dreams come true. Hybrid monogerms open a new era of sugar beet production. The U. and J. cultivator 1–7 (1956). — 67. TOWNSED, C. O., and E. C. RITTUE: The development of single germ beet seed. U.S. Dep. Agr. Ind. Bull. 13, 1–26 (1905). — 68. TOWNSED, C. O. and E. C. RITTUE: Single germ beet seed. U.S. Dep. Agr. Industr. Bull. 73, 1–26 (1905). — 69. TOWNSED, C. O.: Single germ beet seed. J. Heredity 6, 351–354 (1915). — 70. VARSAVSKIJ, B.: Monogerm sugar beet. Kolhoz, Proizvod No. 7, 2–4 (1959).

Department of Horticulture, Agricultural Research Centre, Piikkiö

Cytological studies on the pentaploid hybrid *Prunus spinosa* × *domestica*

By ARNE ROUSI

With 23 Figures

Introduction

In breeding European plum (*Prunus domestica* L.) for northern countries there has been a need for a greater hardiness than is found in the commercial varieties. A possible source of genes for hardiness is the sloe (*P. spinosa* L.). The winter hardiness of this species is shown by its distribution area which extends to the south-western Siberia where the winters are very cold. MICHURIN hybridized the sloe with the plum variety Green Reine Claude already at the end of the last century. From this hybridization he obtained three named varieties, Reine Claude Ternovy (plum × sloe), Tyorn Dessertny (sloe × plum) and Tyorn Sladky (sloe × plum), which are described in his selected works (MICHURIN, 1950). Also in Sweden the European plum and the sloe were hybridized (JOHANSSON and CALLMAR, 1936; JOHANSSON, 1951) but the hybrids were considered of no commercial importance as such.

The greatest obstacle in the breeding work based on hybridization of the sloe and the European plum is the fact that the former has $2n = 32$ chromosomes and the latter $2n = 48$ chromosomes, which means that the hybrid most probably has $2n = 40$ chromosomes. This is a pentaploid number if we assume, as is well justified, that the basic number of the genus *Prunus* is $x = 8$ (DARLINGTON, 1928; JOHANSSON and OLDÉN, 1962, etc.). The pentaploid condition obviously causes sterility and it is surprising that some of the hybrids may be fertile enough to be considered valuable fruit varieties, particularly because parthenocarpy seems to have no significance in the genus *Prunus* (KOBEL, 1954). According to MICHURIN (1950), Tyorn Dessertny bears good and Tyorn Sladky medium crops.

Although there are several investigations on the meiosis of species and interspecific hybrids of the genus *Prunus*, meiosis of the hybrid *P. spinosa* × *domestica* has never been described. WEIMARCK (1942), who studied the spontaneous, closely related hybrid *P. spinosa* × *institia*, gave a few illustrations of its meiosis and mentioned that laggards, bridges and fragments occur, but did not analyze the pairing relationships. Considering the importance of fertility

relationships in possible future breeding work based on the hybrid *P. spinosa* × *domestica*, a study of meiosis seemed necessary. The pairing relationships in meiosis would also elucidate the interesting problem of homology between chromosomes of *P. spinosa* and *P. domestica*. According to the hypothesis put forward by CRANE and LAWRENCE (1930) and supported by experimental evidence of RYBIN (1936, 1962) and ENDLICH and MURAWSKI (1962), *P. domestica* has arisen as an allohexaploid hybrid between *P. spinosa* ($2n = 32$) and *P. cerasifera* ($2n = 16$). If this hypothesis is correct, the five genomes of the hybrid *P. domestica* × *spinosa* consist of four *spinosa* genomes and one *cerasifera* genome.

Material and methods

The plant material consisted of two individuals of Tyorn Sladky and one of Tyorn Dessertny growing in the variety collection of the Department of Horticulture of the Agricultural Research Centre in Piikkiö, Finland. They were obtained from Balsgård, Sweden, as scions in 1955, grafted the same year on Myrobalan (*P. cerasifera*) rootstocks and planted out in 1957. Branches were taken from outdoors to the room temperature several times, beginning end of January 1963. When the flower buds reached the appropriate stage, they were fixed in acetic-alcohol. Also buds fixed directly in the field were used, the appropriate fixing time being the beginning of May in 1963. Fixed buds were warmed for a few minutes on a watch-glass in a mixture of 1-n HCl and acetic-orcein (1:9) and squashed in pure acetic-orcein. The slides were examined under a phase-contrast microscope Wild M 20. As is pointed out by HASKELL and PATERSON (1962), the phase contrast microscope offers great advantages in the study of small, poorly staining plant chromosomes. This was now also found to be true with *Prunus*, which has notoriously small and weakly staining chromosomes. However, the Feulgen technique did not prove as satisfactory with *Prunus* as with the plants (*Rubus* and *Brassica*) used by HASKELL and PATERSON. The cytoplasm appeared coarsely granular with the Feulgen technique, making the chromosomes difficult to discern with a phase-con-