

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

Entwicklung, Ergebnisse und Ziele der Züchtung monokarper Zuckerrüben verschiedener Ploidiestufen in der DDR

Von H. J. RÖSTEL

Mit 3 Abbildungen

Den Versuch, monokarperes Saatgut auf züchterischem Wege zu erzeugen, unternahmen bereits zu Beginn dieses Jahrhunderts TOWNSEND und RITTUE (1905, 1915). Durch systematische Auslese fanden sie in der dritten Generation Pflanzen mit 75% Einzelfrüchten. Über den Fortgang der Arbeiten ist nichts bekannt.

Anfang der dreißiger Jahre gewann dieses Zuchtziel in der Sowjetunion wieder an Bedeutung. KOLOMIEZ, BORDONOS, POPOW, ORLOWSKI, MOKAN u. a. selektierten aus 22 Millionen polykarpen Samenträgern 109 wenigfrüchtige Pflanzen mit einem Monokarpiegrad von 10 bis 90%. Die Nachkommenschaften dieser Pflanzen waren jedoch in der Regel polykarp, was auf die rezessive Vererbung des Merkmals schließen läßt. In den weiteren Generationen gelang es, durch zielbewußte Arbeit den Monokarpiegrad zu erhöhen und andere wichtige Eigenschaften dieser neuen Zuckerrübenstämme zu verbessern. Als Ergebnis dieser Arbeiten entstanden die monokarpen Sorten Belocerkovskaja (1956) und Jaltuskovskaja (1958). Der Monokarpiegrad beider Sorten liegt zwischen 93 und 98% (ORLOWSKI 1959 und ZIGAJLO 1960). Sie unterscheiden sich genetisch wenig voneinander, besitzen jedoch nach SEWOSTJANOW (1962) noch verschiedene negative Eigenschaften, die durch züchterische Maßnahmen beseitigt werden sollen. Mit der amtlichen Prüfung von weiteren 37 monokarpen Stämmen im Jahre 1962, von denen bereits 5 zugelassen wurden, sind neue Erfolge erzielt worden. Nach Angaben von ORLOWSKI (1963) übertreffen die heutigen monokarpen Sorten die polykarpen in der jeweiligen Anbauzone in starkem Maße.

In den USA fand SAVITSKY (1950) im Jahre 1948 unter 300000 polykarpen Samenträgern nur in der Sorte Michigan Hybrid-18, die zu 90% selbststeril und 10% selbstfertil war, zwei völlig einzelfrüchtige Mutanten. Sie wurden von LÜDECKE (1952) und RICHARZ (1960) als Verlustmutanten bezeichnet. Die Schwierigkeit des Auffindens monokarper Samenträger wird von SAVITSKY (1950) auf die Korrelation zwischen Monokarpiegrad und späterem Schossen zurückgeführt, wobei die monokarpen Pflanzen durch natürliche Selektion ausgemerzt werden. Im Gegensatz zu dem in der SU und anderen Ländern vorhandenen monokarpen Zuchtmaterial waren diese völlig selbstfertil. In vielen Eigenschaften des ersten und zweiten Vegetationsjahres entsprachen die Nachkommenschaften nicht dem Zuchtziel. ORLOWSKI (1957) führt diesen Nachteil auf die infolge Selbstfertilität leichter vorkommende Inzuchtwirkung zurück. Durch intensive Kombinationszüchtung mit polykarpen und monokarpen Populationen konnten aber auch dort in letzter Zeit brauchbare

monokarpe Stämme gezüchtet werden. Angaben von MANZELY (1960) zufolge wurde in den USA für den Fabrikrübenanbau ausschließlich die F_1 -Generation der Kreuzung monokarp \times polykarp verwendet. Dieses Saatgut ist zu 80% mono- und 20% polykarp. Ausgesprochen monokarpe Sorten mit hohem Monokarpiegrad sind außer den mehr oder weniger stark ingezüchteten monokarpen Populationen nicht vorhanden.

In Polen wurde 1947 in der Sorte CLR ein völlig monokarper Samenträger gefunden. Er diene als Ausgangsmaterial der heutigen diploiden und polyploiden monokarpen Familien. Das erste anisoploide monokarpe Zuchtmaterial wurde bereits seit 1958 unter dem Namen Poly Mono Ihar amtlich geprüft (FILUTOWICZ 1959). Es besitzt jedoch nur einen Monokarpiegrad von 70 bis 75% und würde deshalb nach unserem Einteilungsprinzip als monodikarp zu bezeichnen sein. In Polen war dieser Stamm den polykarpen in der Leistung gleichwertig.

Mit der Züchtung monokarper Zuckerrüben wurde in Ungarn im Jahre 1954 begonnen. Während auch hier die monokarpen Familien den polykarpen Sorten in den ersten Jahren der züchterischen Bearbeitung in der Leistung und Krankheitsresistenz wesentlich unterlegen waren, konnten in letzter Zeit besonders bei polyploiden monokarpen Formen diese Eigenschaften wesentlich verbessert werden (CSAPODY 1962, 1963).

Nach LÜDECKE (1962) konnte auch in der Deutschen Bundesrepublik eine diploide monokarpe Sorte zugelassen werden, die in der Leistung im Vergleich mit den polykarpen Sorten eine Mittelstellung einnimmt.

Weiterhin wurde die Züchtung monokarper Zuckerrübensorten nach dem zweiten Weltkrieg auch in der ČSSR, in Kanada, Holland, England, Österreich und Schweden aufgenommen. Über Ergebnisse dieser Arbeiten ist bis auf die Zulassung der monokarpen Sorte 'Monorave' in Holland und die von GRAF (1964) mit dieser Sorte in Österreich erzielten Ergebnisse wenig bekannt.

Das Problem der Monokarpiezüchtung wird in der DDR seit 1952 verfolgt. In den ersten Jahren der züchterischen Arbeit ist versucht worden, die Eigenschaft Monokarpie einmal dadurch auf das bestehende Zuchtmaterial zu übertragen, daß monokarpe Wildrüben (*B. lomatogona*) in polykarpe Zuckerrüben eingekreuzt wurden (Kombinationszüchtung). Andererseits sollten durch Kalibrierung polykarper Saatgutpartien die dort vorhandenen Einzelfrüchte getrennt werden. Beide Wege führten zu keinem befriedigenden Erfolg. Aus diesem Grunde wurden im Jahre 1955 verschiedene monodikarpe Einzelpflanzen aus großen Samenträgerbeständen der Sorte Plenta

selektiert (Individualauslese), deren Nachkommenschaften die Grundlage des heute bearbeiteten monokarpen Zuchtmaterials darstellen. Ziel der Züchtung in Kleinwanzleben ist es, monokarpe Sorten verschiedener Ploidiestufen zu entwickeln, die unter den verschiedenen ökologischen Bedingungen hohe Leistungen im ersten und zweiten Vegetationsjahr, gute Schoß- und Krankheitsresistenz sowie eine gute Saatgutqualität besitzen.

Züchtungsmethoden zur Schaffung monokarper Zuckerrüben

Die Züchtung monokarper Zuckerrüben ist das Ziel der bedeutendsten rübenbauenden Länder der Welt. Die zu diesem Ziel führenden Methoden waren und sind jedoch nicht einheitlich.

Eine lückenlose Aufzählung aller bisher bekannten Methoden ist einmal an Hand der vorhandenen Literatur nicht möglich und wird außerdem in diesem Zusammenhang auch nicht für zweckmäßig erachtet. Es scheint deshalb vorteilhafter zu sein, die wichtigsten und erfolgreichsten Methoden und die damit erzielten Ergebnisse ausführlich zu beschreiben.

In den Ländern, die sich mit der Monokarpiezüchtung beschäftigen, konnten bisher die größten Erfolge dadurch erzielt werden, daß weitgehend monokarpe Pflanzen aus großen polykarpen Populationen selektiert worden sind (Individualselektion). Durch nachfolgende strenge Selektion der Nachkommenschaften vor der Blüte und Kombination von dem Zuchtziel entsprechenden Pflanzen wurden diese Eigenschaften in den weiteren Generationen gefestigt.

Die übrigen Methoden, wie Kreuzung polykarper Kulturrüben mit monokarpen Wildrüben, Kalibrierung sowie Windsichtung von polykarpen Saatgut oder künstliche Auslösung von Mutationen führten bisher zu keinem brauchbaren Ergebnis. Sie dürften auch für eine weitere Bearbeitung wenig aussichtsreich erscheinen. Nachfolgend sollen die wichtigsten Methoden etwas ausführlich beschrieben werden.

Aufbereitung polykarpen Saatgutes mit dem Ziel der mechanischen Trennung von Einzelfrüchten

Die Saatgutuntersuchungen polykarper Zuckerrübenfamilien und Einzelpflanzen ließen erkennen, daß hinsichtlich Fruchtigkeit* des Saatgutes Unterschiede bestehen. Der Anteil Einzelfrüchte variierte in Kleinwanzleben bei Familien zwischen 0,1 und 9%, bei Einzelpflanzen dagegen von 1 bis 50%. Ähnliche Feststellungen machten auch LÜDECKE (1952) und SCHLÖSSER (1958).

Das geringe Auftreten von Pflanzen mit höherem Monokarpiegrad wird von BREWBAKER und WOOD (1946) darauf zurückgeführt, daß auf Grund der geringen Rollfähigkeit des monokarpen Saatgutes diese weitgehend diskusförmigen Einzelfrüchte bei der Saagutauflbereitung in den Abfall gelangen und deshalb für die weitere Vermehrung verloren gehen.

Die an polykarpen Samenträgern gewachsenen Einzelfrüchte befinden sich in der Regel an den Trieben dritter und höherer Ordnung und an den Spitzen der Triebe niederer Ordnung. Sie sind, was auch Ergebnisse von ORLOWSKI (1957) zeigen, man-

gelhaft ausgebildet und besitzen schlechte keimphysiologische Eigenschaften.

Durch Düngung und andere Umweltverhältnisse kann der Monokarpiegrad polykarper Samenträger auch weitgehend modifiziert werden (BAROCKA 1957). Ungenügend ausgebildete Samenträger wiesen auch in Kleinwanzleben eine größere Anzahl Einzelfrüchte auf als wuchsfreudige Pflanzen. Diese natürliche Variabilität ausnutzend, wurde in der Deutschen Bundesrepublik und zunächst auch in Kleinwanzleben versucht, monokarpen Saatgut zu erzeugen.

In der Deutschen Bundesrepublik ist polykarpen Saatgut zunächst nach Größe und spezifischer Masse klassiert worden. Die letztere Einteilung erfolgte mittels Windsichtung und anschließender Polierung. Die Saatgutfraktion war 2 bis 3 mm groß (SCHLÖSSER 1952) und besaß 17 bis 42% dikarpe und über 5% polykarpe Knäuel. Die Keimfähigkeit betrug 80 bis 85% (LÜDECKE 1952) und die mittlere Keimzahl lag bei 1,5 (RICHARZ 1960).

In Kleinwanzleben wurde ebenfalls versucht, die Trennung des monokarpen Anteils durch Kalibrierung auf Rund- und Schlitzlochsieben zu erreichen. Der Monokarpiegrad und die Keimfähigkeit waren in den einzelnen Kalibern verhältnismäßig niedrig. Auch die Ausbeute an brauchbarem monokarpen Saatgut war außerordentlich gering.

Kleinfruchtiges Saatgut führte nach ORLOWSKI (1957) sowie ORLOWSKI, KOLOMIEZ und POPOW (1958) außerdem zu geringen Leistungen im ersten Vegetationsjahr.

Diese Methode, durch einfache mechanische Trennung von polykarpen Saatgutmischungen zu befriedigendem monokarpen Saatgut zu gelangen, ist unökonomisch und hat sich deshalb auch nicht durchsetzen können. Die geringe Verbreitung, die dieses Saatgut auch in der Deutschen Bundesrepublik hatte, läßt außerdem auf die ungenügende Eignung schließen.

Einzelpflanzenauslese aus polykarpen Samenträgerbeständen

Das Vorkommen von monokarpen Samenträgern bei verschiedenen Wildrübenarten ließ es bei Anwendung des von VAVILOV aufgestellten Gesetzes „der homologen Reihen in den Vererbungsvariationen“ für möglich erscheinen, daß auch unter den Samenträgern der Kulturrübe *Beta vulgaris* solche vorkommen, die anstelle von Knäueln vorwiegend Einzelfrüchte ausbilden.

Diesen Möglichkeiten folgend, wurden in verschiedenen Ländern in polykarpen Samenträgerbeständen Suchaktionen durchgeführt. In der Sowjetunion begann man bereits im Jahre 1932 mit diesen Arbeiten (ORLOWSKI 1959, BUSANOV 1960). Danach folgten Polen 1947 (FILUTOWICZ 1959), USA 1948 (SAVITSKY 1950), Ungarn 1954 (CSADODY 1963) und andere Länder.

Die in der Sowjetunion selektierten monodikarpen (wenigfruchtigen) Samenträger und die in den USA und in Polen ausgelesenen völlig monokarpen Mutanten zeichneten sich in den Nachkommenschaften durch Spätreife und gegenüber polykarpen durch 20 bis 30% geringere Ertragsleistung aus (ORLOWSKI 1957a, FILUTOWICZ 1959). Durch Rückkreuzung dieser Nachkommenschaften mit leistungsfähigen

* Unter Fruchtigkeit verstehen wir den Anteil mono-, di- und polykarper Saaguteinheiten im Saagutgemisch.

polykarpen Sorten und durch Selektion der besten monokarpen Familien nach einem Komplex von Merkmalen vom Keimling bis zum Samenträger gelang es, das monokarpe Zuchtmaterial in diesen Ländern ständig zu verbessern (ORLOWSKI 1957a, 1962, SAVITSKY 1958, FILUTOWICZ 1959).

In Kleinwanzleben wurde mit den Suchaktionen im Jahre 1955 begonnen. Die Samenträgerflächen der Sorte Plenta wurden zuerst für die Selektion ausgewählt in der Erwartung, daß monokarpe Pflanzen, die in dieser leistungsstarken Sorte auftreten, besser die Eigenschaften für hohe Erträge besitzen als solche, die aus leistungsschwächeren Sorten selektiert werden.

In einem Bestand von etwa 500000 polykarpen Samenträgern fanden wir 15 Pflanzen mit einem höheren Anteil an Einzelfrüchten und dikarpen, aber wenig polykarpen Knäueln (Tab. 1).

Tabelle 1. Fruchtbare von den in Kleinwanzleben im Jahre 1955 selektierten monodikarpen Einzelpflanzen.

Pflanzen-Nr.	Fruchtbarkeit %		
	1	2	mehr als 2 Früchte je Knäuel
6201	46,0	51,0	3,0
6203	18,2	77,2	4,6
6204	48,9	50,7	0,4
6205	23,9	75,8	0,3
6206	18,0	80,9	1,1
6208	18,9	80,3	0,8
6209	47,2	52,4	0,4
6210	20,2	76,9	2,9
6212	48,8	39,7	11,5
6215	15,0	83,1	2,6
6218	26,0	72,9	1,1
6219	32,9	65,7	1,4
6221	16,6	83,1	0,3
6224	14,7	85,1	0,1
6225	15,7	82,2	2,1

Abb. 1 zeigt weitgehend monokarpe Triebe eines selektierten Samenträgers.

Die Nachkommenschaften wurden in der Form weiterbearbeitet, daß wir zunächst versuchten, ein Ausgangsmaterial mit großer Formenmannigfaltigkeit zu schaffen. Die Selektion ist infolge des teilweise geringen Monokarpiegrades zunächst weniger scharf vorgenommen worden. Eine scharfe Selektion auf Monokarpie in den ersten zwei Jahren hätte nämlich zur völligen Ausmerzung der Nachkommenschaften geführt. Die positive Entwicklung des Monokarpiegrades in den späteren Generationen

machte es dann erforderlich, die Selektion auf Fruchtbare von der zweiten bzw. dritten Auslesegeneration an zu verschärfen.

Die wichtigste Voraussetzung für eine weitere erfolgreiche Züchtung auf Einzelfruchtbarkeit war die richtige Einhaltung des Zeitpunktes der Selektion der Samenträger. Sie hat vor dem Öffnen der Blüten zu beginnen und muß in möglichst kurzer Zeit abgeschlossen sein.



Abb. 1. Weitgehend monokarpe Triebe eines im Jahre 1955 selektierten Samenträgers.

In der Leistung gab es innerhalb und zwischen den auf diese Weise geschaffenen monokarpen Einzelpflanzen- und Familiennachkommenschaften ebenfalls große Unterschiede.

Die Auslese von leistungsfähigen Einzelpflanzen erfolgte einmal im Herbst im Feldbestand, zum anderen im Februar des folgenden Jahres im Zuge der Individualelektion von Mutterrüben. ORLOWSKI (1957a) mißt der Individualelektion von Mutterrüben, im Vergleich zur Massenauslese, ebenfalls größere Bedeutung bei. Im Herbst wurden unmittelbar vor der Ernte der Mutterrüben solche für die Weiterzucht selektiert, die einen gut ausgebildeten Blattapparat und große, gut geformte Rübenkörper besaßen. Diese Selektion ist nur an wenigen Familien

Tabelle 2. Ergebnisse der Leistungsprüfungen monokarper Familien- und Einzelpflanzennachkommenschaften in verschiedenen Jahren im Vergleich zur polykarpen Sorte Media ($n = 100$).

Nachkommen von	Jahr	Rüben-ertrag		Zucker-gehalt °S	Zucker-ertrag dt/ha	Krauter-ertrag		Lösl. Asche %	Schäd. N %
		dt/ha	Sign.			dt/ha	Sign.		
Einzelpflanzen	1959	351	++	17,1	60,0	216	—	0,48	0,040
Familien	1959	355	++	17,6	62,5	195	—	0,49	0,052
Media	1959	300		18,4	55,2	200		0,43	0,054
Einzelpflanzen	1960	355	—	18,1	64,3	294	+++	0,48	0,036
Familien	1960	357	—	18,3	65,3	301	+++	0,45	0,032
Media	1960	350		20,0	70,0	250		0,35	0,026
Einzelpflanzen	1961	378	+++	16,7	62,9	368	—	0,46	0,032
Familien	1961	368	++	16,6	61,1	386	+	0,47	0,029
Media	1961	330		18,5	61,1	350		0,36	0,025
Einzelpflanzen	1962	364	++	14,4	52,4	597	++	1,03	0,052
Familien	1962	371	+++	14,9	55,3	585	+	0,73	0,045
Media	1962	320		16,8	53,8	450		0,53	0,053

vorgenommen worden. Die Mehrzahl der für die Weiterzucht bestimmten Einzelpflanzen wurde jeweils im Februar auf Grund der Beurteilung ihrer Masse, Form und der Gehalte an Trockensubstanz und Zucker selektiert.

Als Ergebnis mehrjähriger Auslesen von leistungsfähigen Einzelpflanzen und Familien sind die in Tab. 2 angegebenen Erträge erzielt worden. Die Anlage der Leistungsprüfungen erfolgte nach der Kleinwanzlebener Doppelstandardmethode in dreifacher Wiederholung. Nähere Erläuterungen dieser Methode sind von BRANDT (1951) und RÖSTEL (1962) gegeben.

Aus Tab. 2 ist zu entnehmen, daß bereits durch diese Art der Individualelektion leistungsfähiger Einzelpflanzen sowie durch Bestäubungslenkung die Rüben- und Krauterträge gegenüber Media gesteigert werden konnten. Zwischen den Leistungen der Nachkommen von Einzelpflanzen und Familien bestanden keine signifikanten Unterschiede. Ähnliche Tendenzen sind bei den übrigen Leistungseigenschaften festzustellen.

Kombinationszüchtung mit monokarpen Wildrüben

Von den zur Gattung „Beta“ gehörenden Wildrüben zeichnen sich 6 Arten (*Beta lomatogona* F. et. M., *Beta nana* Boiss. et. Heldr., *Beta patellaris* MOQ, *Beta procumbens* Chr. Smith, *Beta webbiana* MOQ und *Beta intermedia*) dadurch aus, daß sie die Eigenschaft besitzen, vorwiegend Einzelfrüchte auszubilden (ORLOWSKI, KOŁOMIEZ, POPOW 1958). Diese Fähigkeit führt SOSSIMOWITSCH (1940) auf die Trockenheit in den Heimatgebieten zurück, deren Wasservorrat nur zur Entwicklung von Einzelfrüchten ausreichte. Durch jahrhundertlang erfolgte natürliche Selektion dieser zunächst modifikativ bedingten Einzelfrüchtigkeit entstanden schließlich weitgehend genetisch einzelfrüchtige Formen.

Diesen Vorteil ausnutzend, wurde in Deutschland, in der Sowjetunion und in Polen versucht, durch Kreuzung mit der Kulturzuckerrübe *Beta vulgaris* var. *altissima* zu brauchbaren monokarpen Kultursorten zu gelangen.

Erfolgreiche Kreuzungen konnten lediglich mit der Art *Beta lomatogona* F. et. M. erzielt werden (SOSSIMOWITSCH 1940, SCHREIBER 1956). Die übrigen Arten waren bisher infolge des weiten Verwandtschaftsgrades, der ungenügenden Fertilität und der teilweise unterschiedlichen Ploidiestufen sowie aus weiteren noch nicht geklärten Ursachen als Kreuzungspartner wenig geeignet.

Die erstmalig von RICHTER (1946 unveröff.) vorgenommenen Kreuzungen mit *Beta lomatogona* führten durch intensive Selektion der Nachkommenschaften zu Pflanzen, die hinsichtlich Form der Rübe, Zuckergehalt und Monokarpiegrad (90%) teilweise befriedigten (SCHREIBER 1953, 1956). Im Rüben- und Zuckerertrag lagen diese Kreuzungs-

produkte jedoch weit unter den polykarpen Sorten der Zuchtichtung E und N. Daß es sich bei diesen Zuckerrüben um Kreuzungsprodukte zwischen *Beta vulgaris* und *Beta lomatogona* handelt, wird von KNAPP (1958, 1960) bezweifelt. Er führt diese Rüben auf Mutanten zurück, die im Zuchtmaterial auftraten und unbewußt weiter bearbeitet worden sind. Unsere in Kleinwanzleben durchgeführten mehrjährigen Beobachtungen an Rüben im ersten und zweiten Vegetationsjahr lassen dagegen auf Wildrübenbastarde schließen.

MARGARA (1953), MARGARA und METZ (1955), SOSSIMOWITSCH (zit. n. ORLOWSKI 1957a) und FILUTOWICZ (1962) führten ebenfalls derartige Kreuzungen durch. Zu wirtschaftlich wertvollen Sorten gelangten auch diese Autoren bisher nicht. Die von FILUTOWICZ (1962) durchgeführten Kreuzungen zwischen *B. lomatogona* 4x und Zuckerrübe führten zu Nachkommenschaften, die sich besonders durch Toleranz gegenüber Viruskrankheiten und üppigen Wuchs bei niedrigen Temperaturen auszeichneten.

Diese Kreuzungsmethode hat nach SCHLÖSSER (1952), RICHARZ (1960) und ORLOWSKI (mündl. Mitt. 1962) deshalb nur eine geringe Bedeutung, weil sie vielleicht nur durch komplizierte und langwierige Verdrängungszüchtung zum Erfolg führen kann.

Das von RICHTER 1946 geschaffene Zuchtmaterial wurde in der DDR nach dem zweiten Weltkrieg in Möringen, Langenstein, Kleinwanzleben und Schlanstedt bis etwa 1959 weiterbearbeitet. Dieses in Kleinwanzleben als „Loma“ bezeichnete Zuchtmaterial ist im Vergleich zu den Zuckerrüben der üblichen Handelsorten sowohl im ersten als auch im zweiten Vegetationsjahr durch verschiedene Besonderheiten ausgezeichnet.

Erstes Vegetationsjahr

Die Hypokotylfarbe der Jungpflanzen war zu 99,5% rosa bis dunkelrot. Zwischen der Intensität der Rotfärbung und dem Monokarpiegrad bestanden signifikant positive Korrelationen. Die ausgewachsenen Rüben bildeten schlanke, tief in den Boden ragende Wurzeln aus. Sie ähnelten in der Form der Sorte Sacchara. Beinigkeit oder Wurzeligkeit traten in Kleinwanzleben im Gegensatz zu Untersuchungen von FILUTOWICZ (1962) selten auf. Der Blattapparat war kleiner als der anderer Zuckerrübensorten. Die

Tabelle 3. Leistungsvergleich zwischen „Loma“-Nachkommenschaften und Media in den Jahren 1955 bis 1958 in Kleinwanzleben.

	Jahr	Rüben- ertrag dt/ha	Sign.	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha	Kraut- ertrag dt/ha	Sign.	Jösl. Asche %	schädl. N %
Mittel von 80 „Loma“- Nachkommen- schaften	1955	165	000	15,6	25,7	177	00	0,52	0,011
Media	1955	250		15,8	39,5	212		0,50	0,010
Mittel von 16 „Loma“- Nachkommen- schaften	1957	363	0	17,5	63,5	183	00	0,43	0,016
Media	1957	380		17,2	65,4	240		0,39	0,014
Mittel von 74 „Loma“- Nachkommen- schaften	1958	229	000	14,9	32,1	254	0	0,52	0,025
Media	1958	330		15,6	51,5	290		0,44	0,020

Rübenköpfe waren ebenfalls verhältnismäßig klein. Die Blätter zeigten in Trockenperioden außerdem auffällige Welkeerscheinungen.

Die mittleren Leistungen der Rüben dieser „Loma“-Nachkommenschaften im Vergleich zur polykarpen Sorte Media zeigt Tab. 3. Die Ernte erfolgte jeweils Ende September.

Die „Loma“-Nachkommenschaften lieferten in allen Prüfungsjahren geringere Rüben- und Zuckererträge als die Sorte Media. Zwischen Monokarpiegrad und Leistung bestanden negative Korrelationen ($r = -0,705 +++$). Ähnliche Beobachtungen konnten bei der Individualesektion der Rübenkörper gemacht werden. Rüben mit guten Eigenschaften (große Masse und hoher Trockensubstanzgehalt) waren vorwiegend polykarp.

Zweites Vegetationsjahr

Größere Unterschiede traten bei den „Loma“-Nachkommenschaften im zweiten Vegetationsjahr auf. Der Monokarpiegrad variierte bei den Samenträgern von 62 bis 97% (Mittel 83%). Die Tausendkornmasse betrug 3 bis 15 g (Mittel 8,5 g) und die mittlere Keimfähigkeit 63%. Der Saatgutertrag je Einzelpflanze lag gegenüber den polykarpen Rüben in Kleinwanzleben bei 70%. SCHREIBER (1953) erzielte nur 50 bis 60% Saatgut im Vergleich zu polykarpen Samenträgern.

Besonders unangenehm wurde die gegenüber polykarpen Samenträgern etwa vier bis sechs Wochen spätere Reife empfunden. Zwischen Monokarpiegrad und Reife der Samenträger bestanden enge Beziehungen. Ausgesprochen spätreife Pflanzen besaßen einen hohen Monokarpiegrad und umgekehrt.

Die Samenträger der „Loma“-Nachkommenschaften bildeten außerdem in starkem Maße vegetative Organe (Stengel und Hochblätter) aus, was mit einer geringeren Standfestigkeit verbunden war. Hinsichtlich der Morphologie der Samenträger konnten diese zwei Typen zugeordnet werden, die sich stark voneinander unterscheiden:

- a) dem Typ mit gutem Fruchtbesatz und früher Reife (Abb. 2)
- b) dem Typ mit geringem Fruchtbesatz, starkem Hochblattbesatz und später Reife (Abb. 3).

Der erste Typ bildete neben mehreren Hauptachsen in starkem Maße kurze Triebe dritter und niedriger Ordnung aus. Dadurch läßt sich der in Abbildung 2 aufgezeigte spitze Wuchs erklären. Die Früchte waren klein, jedoch sehr dicht angeordnet.

Der zweite Typ zeigte einen geringen Fruchtbesatz. Anstelle von Früchten entwickelten sich in den Achseln der Hochblätter Triebe mit vielen kleinen Hochblättern (Abb. 3).

Dieser Typ neigte stark zum Lagern und war besonders spät reif. Der Saatgutertrag dieses Typs war außerordentlich gering.

Um die Leistung und den Samenträgertyp der „Loma“-Nachkommenschaften zu verbessern und die Reife zu beschleunigen, wurden Rückkreuzungen mit verschiedenen polykarpen Zuckerrübensorten vorgenommen. Während in der F_1 -Generation ausschließlich polykarpe Samenträger auftraten, konnten in der F_2 -Generation 8 bis 15% vorwiegend monokarpe Pflanzen selektiert werden. Die Leistung und



Abb. 2. „Loma“-Samenträger mit befriedigendem Fruchtbesatz und früher Reife.

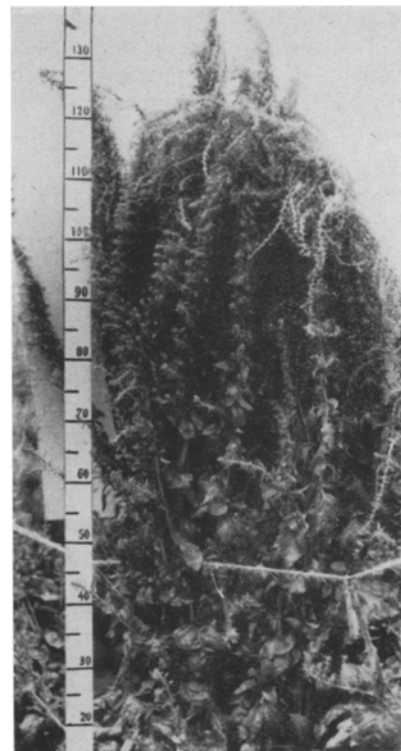


Abb. 3. „Loma“-Samenträger mit geringem Fruchtbesatz, starkem Hochblattbesatz und sehr später Reife.

der Samenträgertyp waren zunächst geringfügig besser als das Ausgangsmaterial. In späteren Generationen bestand zwischen diesem und dem Ausgangsmaterial wiederum kein Unterschied.

Das in der DDR bearbeitete „Loma“-Material entsprach dennoch weder im ersten, noch im zweiten Vegetationsjahr dem Zuchtziel. Die besonders unangenehmen Eigenschaften geringer Zuckerertrag, Spätreife der Samenträger, Kleinfrüchtigkeit und unge-

nügende Keimfähigkeit des Saatgutes waren der Anlaß, die Arbeiten an diesem Zuchtmaterial in der DDR einzustellen.

Kombinationszüchtung mit monokarpen Zuckerrüben auf diploider Basis

Mit der Züchtung monokarper Zuckerrüben treten neue umfangreiche Aufgaben in den Vordergrund. Eine ständige Verbesserung der Merkmale und Eigenschaften im ersten und zweiten Vegetationsjahr ist wichtigstes Ziel der Arbeiten. In diesem Zusammenhang gilt es zu untersuchen, wie die monokarpen Populationen durch Ausnutzung des Kombinations-effektes leistungsmäßig verbessert werden können.

Eine fortdauernde Vermehrung von Nachkommen gleicher Einzelpflanzen und Familien ohne jegliche Kombination kann auch bei der allogamen Zuckerrübe zu Schäden infolge genetischer Einengung führen, die sich in Leistungsdepressionen auswirken können. SEDLMAYR (1961) empfiehlt dagegen die „Irzucht“ als die einzige Möglichkeit, die Populationen zunächst in rein und sicher vererbende „Biotypen“ zu zerlegen. Aus Inzuchtstämmen mit hoher spezifischer Kombinationseignung erhofft man sich in den USA die gleichen Erfolge wie beim Mais.

Auf den Erfahrungen der Maiszüchtung aufbauend (vgl. EAST und HAYES 1912, SHULL 1922, 1948, JONES 1917 sowie ASHBY 1949 u. a.) sowie die Ergebnisse der Zuchtmethoden bei polykarpen Zuckerrüben ausnützend, wurden auch bei monokarpen Zuckerrüben Kreuzungen durchgeführt. Hierbei erschien die Kombination von monokarpen Populationen deshalb als besonders geeignet, weil durch Kreuzungen der vorhandene Monokarpiegrad theoretisch nicht wesentlich verändert wird.

Mit dieser Methode konnte, was auch Ergebnisse von SAVITSKY (1958) zeigten, der Monokarpiegrad in den Nachkommenschaften sogar wesentlich erhöht und gefestigt werden (Tab. 4). Voraussetzung für die Schaffung erfolgreicher Nachkommenschaften ist

Tabelle 4. Monokarpiegrad von Kreuzungseltern und -nachkommenschaften in den Jahren 1960 bis 1962 in Kleinwanzleben.

	Jahr	Monokarpiegrad %	Anzahl monodikarpe Pflanzen entfernt %
Mutterfamilien	1960	83,2	30,3
Vaterfamilien	1960	85,4	25,4
F ₁ -Generation	1961	92,5	16,8
F ₂ -Generation	1962	97,7	5,4

jedoch, daß solche Partner ausgewählt werden, die im Monokarpiegrad, in der Leistung und Schoßresistenz dem Zuchtziel entsprechen.

Diese Kreuzungen sind diallel und nach der Topcrossmethode vorgenommen worden. Wir verfolgten dabei das Ziel, neben der Festigung des Monokarpiegrades die Kombinationseignung der einzelnen Kreuzungspartner zu ermitteln, um damit im Rahmen der Kombinationszüchtung die Leistungen zu erhöhen. Auf die systematische Testung der Kom-

binationseignung monokarper Familien wies besonders MOKAN (mündl. Mitt. 1962) hin.

Diallele Kreuzungen haben wohl den Vorteil, Aussagen über die spezifische Kombinationseignung machen zu können, nachteilig ist jedoch der hohe Flächenbedarf. Wesentlich zweckmäßiger läßt sich die Topcrossmethode verwenden. Obwohl mit dieser Methode lediglich die allgemeine Kombinationseignung ermittelt werden kann, dürfte sie für die Familientestung genügen. Die Topcrossmethode wird auch in der Sowjetunion für die Ermittlung der Kombinationseignung verwendet (FEDEROW 1962, mündl. Mittl.).

Außerordentlich flächenaufwendig ist auch diese Methode noch unter Verwendung von Hanfisolierungen. Seit 1961 werden daher in Kleinwanzleben Familien nach dem Topcrossverfahren getestet, ohne die zwei Kreuzungspartner von anderen Samenträgern durch Hanf zu isolieren. Im voraus durchgeführte Untersuchungen, wobei Rote Bete als Partner benutzt wurden, ließen erkennen, daß die Bastardierung um so geringer wird, je weiter die Reihe der zu kreuzenden Familie von der Reihe des Kreuzungspartners entfernt ist. Während die Nachbarreihen zu etwa 60 bis 70% bastardierte, fanden wir in der fünften Reihe nur noch 3 bis 6% Bastarde. Auf Grund dieser Ergebnisse werden die Kreuzungen so vorgenommen, daß abwechselnd eine Reihe zu testende Familie mit 4 bis 5 Reihen Tester aufwachsen. Die beschriebene Methode ermöglicht eine wesentliche Einsparung an Fläche und gestattet damit umfangreiche Kreuzungen.

In den nachfolgenden Tab. 5 und 6 werden verschiedene Ergebnisse der Kreuzungen mitgeteilt.

Aus der ersten Kreuzung (Tab. 5) ist eine Überlegenheit der F₁-Generation im Rüben-ertrag gegenüber den Elternfamilien festzustellen. Im Zucker-gehalt nehmen die F₁-Bastarde eine intermediäre Stellung ein. Eine ähnliche Tendenz zeigt ein Bastard auch im Krautertrag. Der andere Bastard ist demgegenüber im Krautertrag den Elternfamilien überlegen.

Die zweite Kreuzung unterscheidet sich in der Vererbung der Leistungseigenschaften von der ersten. Der Rüben-ertrag beider Bastarde ist dem der Elternfamilien unterlegen. Wesentlich höher ist dagegen der Zucker-gehalt der Bastarde. Im Krautertrag gleichen die Bastarde in der Tendenz dem der ersten Kreuzung. Reziproke Unterschiede bestanden vor allem im Zucker-gehalt und Krautertrag. Die übrigen nach dieser Methode durchgeführten Kreuzungen ergaben ähnliche Werte.

In Tab. 6 sind die Ergebnisse weiterer Kreuzungen aufgezeigt. Dabei sind die durch verschieden bedingte Kombinationseignung deutlich hervortreten-

Tabelle 5. Leistungsvergleich zwischen zwei diallelen reziproken Kreuzungen in der F₁-Generation und dem Ausgangsmaterial.

	Mutterfamilien			Vaterfamilien			F ₁ -Bastard		
	Rüben- ertrag dt/ha	Zucker- gehalt °S	Kraut- ertrag dt/ha	Rüben- ertrag dt/ha	Zucker- gehalt °S	Kraut- ertrag dt/ha	Rüben- ertrag dt/ha	Zucker- gehalt °S	Kraut- ertrag dt/ha
8048 × 8064 Reziprok	296	16,4	499	298	14,0	513	327 346	14,7 15,2	507 526
8052 × 8057 Reziprok	339	14,2	528	367	14,7	498	333 332	15,1 15,8	507 568

Tabelle 6. Ergebnisse der F_1 der Kreuzung nach der Topcross-Methode.

	Rüben- ertrag dt/ha	Variabilität	Zuckergehalt °S	Variabilität
Diallele Kreuzungen (n = 7)				
7225	325	279–369	14,9	14,5–15,4
7205	345	345–346	15,5	15,2–15,8
7220	317	295–350	15,1	14,5–15,7
7231	332	311–356	15,1	14,8–15,5
7235	313	289–338	15,7	15,5–16,0
7250	359	336–379	15,5	15,4–15,7
7261	342	294–372	15,5	15,0–15,8
Top-cross				
8057 Elter der Testfamilie	290		16,2	
3692 Tester nach Kreuzungen	331	292–387	15,2	14,6–16,0
8 getestete Familien	349	309–378	15,3	14,5–16,0

den Unterschiede im Rüben-ertrag und Zuckergehalt zu erkennen.

In der Leistung wurde das Ausgangsmaterial von den F_1 -Bastarden in der Mehrzahl der Fälle übertroffen. Wenige Bastarde waren den Ausgangsfamilien dagegen in der Leistung unterlegen. Hier wäre eine negative Heterosiswirkung (RUDOLF 1958) denkbar.

Die in Kleinwanzleben und auch bei Untersuchungen von SAVITSKY und RYSER (1954) und SAVITSKY (1958) ermittelten deutlichen Unterschiede in der Kombinationseignung einzelner Populationen machen eine Prüfung auf Kombinationseignung erforderlich. Diese Maßnahme dürfte beim monokarpen Zuchtmaterial für die Steigerung der Leistung von entscheidender Bedeutung sein.

Kombination mit mono- und polykarpen Zuckerrübenpopulationen auf diploider Basis

Eine weitere Möglichkeit, die Leistung und Schoßresistenz monokarper Zuckerrübenfamilien zu erhöhen, wurde in der Kombination monokarper mit leistungsfähigen polykarpen Populationen gesehen. Es kam bei diesen Kreuzungen darauf an, die wertvollen Eigenschaften polykarper Populationen auf das monokarpe Zuchtmaterial späterer Generationen zu übertragen. Deshalb sind solche Kreuzungen von jenen in der Hochzuchtvermehrung (Hybridsorten) zu unterscheiden, bei denen der Kombinationseffekt

in der F_1 -Generation die größte Rolle spielt.

Dieser Weg der Leistungsverbesserung, den besonders SAVITSKY (1958) beschriftet, ist jedoch infolge der vorwiegend rezessiven Vererbung des Merkmals „Monokarpie“ besonders schwierig und langwierig.

Als polykarpe Kreuzungspartner wurden in Kleinwanzleben die Sorten Verna, Cercosporaresistente, ZZ und aus der

Plenta selektierte Kaltkeimer- und Trockenresistenzfamilien verwendet.

In Tab. 7 sind die Leistungen der Bastarde in den einzelnen Generationen aufgezeigt.

Die F_1 -Generation dieser Kreuzungen war dem monokarpen Ausgangsmaterial und auch der polykarpen Sorte Media im Rüben- und Zuckerertrag sowie im Zuckergehalt und der Schoßresistenz überlegen. Auf die Steigerung des Zuckergehaltes in der F_1 wiesen auch NEGOWSKI (1962) sowie RYSER und SAVITSKY (1952) hin. Die in Kleinwanzleben in der F_1 -Generation erzielten hohen Erträge dürften deshalb zum größten Teil auf der Heterosis beruhen. Zwischen diesem in der Fruchtbarkeit genetisch sehr entfernt stehenden Zuchtmaterial (monokarp und polykarp) scheint die Heterosis besonders groß zu sein. Diese Tatsache wird bereits bei der Erzeugung von monokarpem Hochzuchthybridsaatgut in der Sowjetunion, den USA sowie in Kleinwanzleben ausgenutzt (ORLOWSKI, KOLOMIEZ, POPOW 1958, MANZELY 1960). In der F_2 - und F_3 -Generation, dort, wo erstmalig monokarpe Samenträger in geringen Mengen auftreten, sinkt dagegen die Leistung erheblich ab. SAVITSKY (1958) fand in der F_3 -Generation beim monokarpen Elter höhere Gehalte an Zucker als bei dem polykarpen Elter. Das war jedoch nur der Fall, wenn das Gen „m“ von einer Familie mit hohem Zuckergehalt stammte. Er führt diese Erscheinung auf die Kopplung des rezessiven Gens „m“ mit eini-

Tabelle 7. Ergebnisse der Kreuzungen monokarp \times polykarp in verschiedenen Generationen im Vergleich zum monokarpen Ausgangsmaterial und der polykarpen Sorte Media.

Familien-Nr.	Rüben- ertrag dt/ha	Sign.	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha	Kraut- ertrag dt/ha	Sign.	lösl. Asche %	schäd. N %	Schösser %
1960 F_1 -Generation									
7279 (Monok. \times Kaltk.)	382	++	19,7	75,3	272	—	0,39	0,027	0
7282 (Monok. \times Verna)	440	+++	18,8	82,7	289	—	0,40	0,031	0
7285 (Monok. \times Cr)	400	+++	19,4	77,6	284	—	0,40	0,028	0
Media	350	—	20,0	70,0	250	0	0,35	0,026	0
Mittel monok. Ausgangsmaterial	354		18,6	65,8	286		0,43	0,031	5,0
1961 F_2 -Generation									
3614 (7279)	321	00	16,9	54,3	402	+	0,42	0,039	3,0
3616 (7282)	346	—	17,8	61,6	335	00	0,46	0,026	1,0
3623 (7285)	336	0	17,4	58,5	415	++	0,49	0,035	2,0
Media	330	00	18,5	61,1	350	0	0,36	0,025	0,4
Mittel monok. Ausgangsmaterial	365		17,0	62,1	386		0,46	0,028	3,5
1962 F_3 -Generation									
8011 (7279)	341	+	14,2	48,4	474	—	0,89	0,074	12,3
8014 (7282)	314	—	13,9	43,6	524	+	1,01	0,078	13,7
8017 (7285)	280	00	13,9	38,9	487	—	0,99	0,071	14,0
Media	320	—	16,8	53,8	580	+++	0,53	0,050	1,0
Mittel monok. Ausgangsmaterial	316		14,5	45,8	490		0,77	0,060	15,0

gen für hohen Zuckergehalt verantwortlichen Genen zurück.

Polyloidiezüchtung

In der modernen Pflanzenzüchtung besitzt die Polyloidie im Rahmen der Mutationszüchtung eine große Bedeutung. An dieser Methode der Genommutationszüchtung wird bei polykarpen Zuckerrüben in verschiedenen Ländern seit etwa zwei Jahrzehnten mit Erfolg gearbeitet. Als Ergebnis dieser Arbeiten sind gegenwärtig bereits viele neue polyploide Zuckerrübensorten im internationalen Sortiment zu finden.

Über Vor- und Nachteile polyploider Zuckerrüben ist bisher ausreichend berichtet worden (SCHWANTZ 1953, SAVITSKY 1954, 1958, KLOEN 1956, KLOEN und SPECKMANN 1957, SCHLÖSSER 1956, BARTL, CURTH, FISCHER, SCHNEIDER 1957, FÜRSTE 1957, 1958, CSITKOVICS 1962 u. a.), deshalb soll in diesem Zusammenhang ausschließlich die Züchtung monokarper polyploider Zuckerrüben Berücksichtigung finden.

Mit diesen Arbeiten befaßten sich bereits SAVITZKI (1954, 1958) in den USA, FILUTOWICZ in Polen, KOLOMIEZ und NEGOWSKI in der Sowjetunion und CSAPODY (1963) in Ungarn. Als Ergebnis dieser Züchtungen entstand in Polen im Jahre 1958 ein polyploider monokarper Stamm (Poly Mono Ihar). Gleich gute Erfolge konnten in späteren Generationen auch in Ungarn und den USA erzielt werden. Während die Leistung im ersten Vegetationsjahr als befriedigend und die Schoßresistenz als gut angesehen wird, sind Saatgutertrag und Keimfähigkeit des Saatgutes unzureichend.

In Kleinwanzleben ist mit der Züchtung monokarper polyploider Zuckerrüben im Jahre 1958 begonnen worden, und zwar in der Form, daß ein Teil der bis zu der Zeit ausschließlich diploiden Zuckerrüben mit Colchizin und Acenaphthen behandelt

Tabelle 8. *Saatguteigenschaften und Ploidiestufe von polyploiden monokarpen Zuckerrüben von der C₁- bis zur C₄-Generation.*

Generation	Jahr	Monokarpergrad %	Tausendkornmasse g	Keimfähigkeit %	Variabilität der Keimfähigkeit von bis	Anteil Pflanzen verschiedener Genomstufen %			
						2x	3x	4x	aneuploid
C ₁	1959	98,0	14,8	44	18—60	9,5	17,8	69,3	3,4
C ₂	1960	97,5	15,5	51	22—78	0,5	5,5	91,9	2,1
C ₃	1961	98,5	21,0	60	35—90	0	2,3	94,4	4,3
C ₄	1962	98,0	21,3	61	33—94	0,3	1,9	97,1	0,7

wurden. Etwa 10 bis 20% der im Keimblattstadium behandelten Pflanzen waren tetraploid (vgl. FISCHER 1963). Sie zeigten teilweise Blattdeformationen und blieben zunächst in der Entwicklung zurück. Später entwickelten sich diese Pflanzen zu normalen Samenträgern. In Tab. 8 sind die Saatguteigenschaften sowie der Anteil Pflanzen verschiedener Ploidiestufen im Mittel der einzelnen Generationen angegeben.

Die tetraploiden monokarpen Zuckerrüben bildeten einen hohen Anteil Einzelfrüchte aus. Die Tausendkornmasse und Keimfähigkeit nahm von der C₁- bis zur C₄-Generation zu. Neben diesen Mittelwerten wiesen die einzelnen Familien in diesen Eigenschaften eine große Variabilität auf. So variierten die Tausendkornmassen von 9,5 bis 35,4 g und die Keimfähigkeit von 18 bis 94%. Mit fortschreitendem Alter der Generationen nahm der Anteil di- und triploider Pflanzen ab und jener von tetraploiden zu. Der Anteil aneuploider Pflanzen variierte von 0,7 bis 4,3%.

Für die Beurteilung des tetraploiden monokarpen Zuchtmaterials dürfte die Leistung im ersten Vegetationsjahr von entscheidender Bedeutung sein. In der nachfolgenden Tab. 9 sind die 1962 und 1963 erzielten Ergebnisse mitgeteilt, wobei für 1963 lediglich die Mittelwerte angegeben wurden.

Im Jahre 1962 waren die tetraploiden monokarpen Familien mit zwei Ausnahmen im Rübenenertrag der polykarpen diploiden Media signifikant unterlegen. Eine Familie war der Media im Rübenenertrag gleichwertig, eine andere jener signifikant überlegen. Im Zuckergehalt waren alle monokarpen Familien der

Tabelle 9. *Ergebnisse der Leistungsprüfungen von monokarpen 4x-Familien in den Jahren 1962 und 1963.*

Familien-Nr.	Rüben- ertrag dt/ha	Sign.	Zucker- gehalt °S	Zucker- ertrag dt/ha	Krautertrag dt/ha	lösl. Asche %	schädl. N %
C ₁ -Generation 1962							
8725	295	0	15,1	44,1	510	0,73	0,051
8730	264	000	14,2	37,5	446	0,83	0,081
C ₃ -Generation 1962							
8550	280	00	15,0	42,0	460	0,78	0,068
8551	299	0	15,3	45,7	566	0,78	0,081
8553	298	0	15,2	45,3	516	0,77	0,075
8554	232	000	15,1	35,0	523	0,75	0,064
8558	415	+++	15,3	63,5	604	0,74	0,050
8565	331	—	15,1	50,0	568	0,76	0,056
Media polykarp	320		16,8	53,8	550	0,53	0,050
C ₄ -Generation 1963							
Mittel aus 20 Familien	387	00	14,0	54,2	502	0,84	0,068
Mittel aus 11 Einzelnachkommen	410	—	13,9	57,0	523	0,86	0,070
F ₁ -Generation der Kreuzung 4x-Monok. × 4x-Polyk. (n = 10 Kreuzungen)	433	+	15,3	66,2	509	0,74	0,063
F ₁ -Generation der Kreuzung 4x-Monok. × 2x-Monok. (n = 10 Kreuzungen)	415	—	14,2	58,9	488	0,82	0,061
Media polykarp	410		16,0	65,6	520	0,60	0,058

Media unterlegen. Unterschiede bestanden im Krautertrag. Die Gehalte an Asche und schädlichem Stickstoff der monokarpen 4 x-Familien übertrafen in der Regel jene der polykarpen Media. Auf die geringen Leistungen tetraploider monokarper Familien in den ersten Generationen wies auch H. SAVITSKY (1954) deutlich hin. Sie erzielte jedoch in der C₅-Generation Erträge, die den diploiden Sorten gleichwertig, ja teilweise sogar überlegen waren.

Die C₄-Generation zeigte 1963 im Vergleich zu der polykarpen Media geringere Differenzen. Es ist dabei festzustellen, daß die Nachkommenschaften von Einzelpflanzen höhere Leistungen erkennen ließen als jene von Familien. Im Rübenenertrag variierten die Familien von 226 bis 487 dt/ha, die Einzelpflanzen von 326 bis 472 dt/ha. Im Zuckergehalt gab es Unterschiede bei den Familien von 13,0 bis 15,3 und bei den Einzelpflanzen von 13,4 bis 14,4 °S.

Die F₁-Generation der Kreuzung 4 x-Monokarp × 4 x-Polykarp ließ signifikant höhere Leistungen erkennen als alle Vergleichspartner. Diese Ergebnisse zeigen, daß die Heterosis sich auf tetraploider Ploidiestufe besonders stark bemerkbar macht.

Die F₁-Generation der Kreuzung 4 x-Monokarp × 2 x-Monokarp liefert zwar höhere Erträge als die Ausgangsfamilien, erreicht jedoch nicht die Leistung der F₁-Generation auf tetraploider Stufe.

Diese zweijährigen Ergebnisse zeigen, daß die monokarpen 4 x-Familien nicht die gegenüber diploiden Familien erwarteten höheren Zuckergehalte lieferten, wie es bei polykarpen 4 x-Familien der Fall ist. Eine stärkere Ausweitung des Zuchtmaterials und intensive Selektion auf hohen Zuckergehalt ist in den folgenden Jahren notwendig.

Kombination

von monokarpen 2x- und 4x-Populationen

Während bei verschiedenen landwirtschaftlichen Kulturpflanzen (Weizen, Kartoffeln) in der tetraploiden Ploidiestufe die höchsten Leistungen erzielt werden, liefern die Beta-Rüben nach bisher vorliegenden Ergebnissen die höchsten Erträge in der triploiden Ploidiestufe.

Diese Rübenformen entstehen durch Bestandeskreuzungen von diploiden mit tetraploiden Pflanzen, wobei es darauf ankommt, einen besonders hohen Triploidenanteil zu erreichen. Auf Grund der bereits bei polykarpen Zuckerrüben beschriebenen geringeren Fertilität von tetraploiden gegenüber diploiden Zuckerrüben ist es bei der Erzeugung von triploiden Zuckerrüben zweckmäßig, wenn die 4 x-Rüben als Mutter und die 2 x-Rüben als Vater Verwendung finden. Auch SCHLÖSSER (1956) erzielte den höchsten Effekt der Bastardwüchsigkeit durch Kreuzung von 4 x- und 2 x-Zuckerrüben.

Derartige Kreuzungen erfolgten in Kleinwanzleben einmal mit monokarpen, zum anderen mit monokarpen und polykarpen Partnern, wobei der monokarpe Partner einmal diploid, zum anderen tetraploid war.

In Tab. 10 sind die Ploidiestufenanteile und Saatguteigenschaften angegeben, wie sie nach Kreuzungen von 4 x monokarp und 2 x monokarp im Jahre 1961 erzielt wurden.

Während der Triploidenanteil bei Verwendung des 4 x-Partners als Mutter in beiden Kreuzungen über 70% beträgt, liegt er bei Verwendung des 2 x-Part-

Tabelle 10. Ploidiestufenanteile und Saatguteigenschaften nach reziproker Kreuzung 4 x monokarp × 2 x monokarp im Jahre 1961.

Partner	Anteil %			Monokarpiegrad %	Tausend-kornmasse g	Keim-fähig-keit %
	2 x	3 x	4 x			
2223 4 x	—	78,0	22,0	96,3	16,4	53
2224 2 x	89,6	10,4	—	94,2	13,9	83
2229 4 x	—	70,3	29,7	95,7	17,7	61
2230 2 x	90,0	10,0	—	98,8	10,7	66

Tabelle 11. Leistungsvergleich der F₁-Generation der reziproken Kreuzung 4 x monokarp × 2 x monokarp.

Partner	Rübenenertrag dt/ha	Krautertrag dt/ha	Zuckergehalt °S	Zuckerertrag dt/ha
2223 4 x	411	344	15,9	65,4
2224 2 x	384	331	15,7	60,3
2229 4 x	395	358	16,1	63,6
2230 2 x	361	327	15,8	57,0
GD 5%	23,0	57,3		
1%	32,2	77,3		
0,1%	42,7	102,6		

ners als Mutter nur bei 10%. Dieser Unterschied im Triploidenanteil wird auch in der Leistung sichtbar (Tab. 11).

Die getrennte Ernte der Partner und anschließende Leistungsprüfung zeigt, daß die nach der 4 x-Mutter geernteten Saatgutpartien auf Grund des größeren Triploidenanteiles signifikant höhere Rübenenerträge lieferten. Im Krautertrag waren die Unterschiede nicht signifikant. Auch im Zuckergehalt waren die Varianten mit höherem Triploidenanteil den Vergleichsvarianten überlegen.

Ähnliche Ergebnisse wurden erzielt bei Kreuzungen monokarp × polykarp. Die höchsten Erträge lieferten auch hier die Kreuzungen 4 x monokarp und 2 x polykarp.

Ziel der Ploidiezüchtung in Kleinwanzleben ist jedoch die Erzeugung von Familien und Sorten mit einem hohen, ja möglichst 100%igen Triploidenanteil. Durch Kreuzung von 4 x monokarp und 2 x mono- und polykarp bei einem Verhältnis von 1:1 und getrennter Ernte der 4 x-Partner ließ sich in bestimmten Fällen ein Triploidenanteil bis zu 98% feststellen. Die besten Möglichkeiten zur Erzeugung eines hohen Triploidenanteiles bieten jedoch die pollensterilen Partner. Auf diesem Wege erzielte auch NEGOWSKI (1962) leistungsfähige triploide monokarpe Zuckerrüben mit der Bezeichnung „Belocerkovskij poligibrid 1“.

Als Ergebnisse der bisherigen Züchtungsarbeiten gelten die im Jahre 1963 erfolgte Zulassung von zwei diploiden Hochzuchtsorten, die mit dem Namen 'Mona' und 'Dimona' in die Sortenliste aufgenommen wurden, sowie die Anmeldung weiterer monokarper diploider, anisoploider und tetraploider Stämme.

Zusammenfassung

Monokarpe Zuckerrüben sind den polykarpen in verschiedenen Eigenschaften wesentlich überlegen. Aus diesem Grund wird der Züchtung monokarper Zuckerrüben in der Welt größte Aufmerksamkeit gewidmet.

Vorliegende Arbeit gibt einen Überblick über die Entwicklung der Züchtung monokarper Zuckerrüben in den wichtigsten Ländern und zeigt die in Kleinwanzleben erzielten Ergebnisse auf.

Es wurden zunächst die wichtigsten Methoden der Züchtung monokarper Zuckerrüben beschrieben. Als erfolgreichste Methode erwies sich die Individualauslese wenigfrüchtiger Einzelpflanzen aus polykarpen Samenträgerbeständen mit nachfolgender strenger Selektion und Kombination. Die Kombinationszüchtung mit monokarpen Wildrüben sowie die Trennung von Einzel Früchten aus polykarpen Saatgutpartien führten zu keinem befriedigendem Ergebnis.

Von entscheidender Bedeutung ist die Prüfung auf Kombinationseignung. Einige bei monokarpen Zuckerrüben erzielte Resultate werden mitgeteilt. Die Kreuzungen wurden diallel und nach der Topcrossmethode vorgenommen.

Die in Kleinwanzleben erzielten Ergebnisse der Züchtung monokarper polyploider Zuckerrüben sind ausführlich besprochen worden.

Literatur

1. ASHBY, E.: Hybrid vigour in plants. Mem. Manchr. Lit. Phil. Soc. 91, 1–18 (1949). — 2. BAROCKA, K.: Untersuchungen an Blüte, Knäuel und Infloreszenz von Zucker- und Futterrüben-Pflanzen. Diss. Leipzig 1957. — 3. BARTL, K., P. CURTH, H. E. FISCHER, u. H. SCHNEIDER: Untersuchungen über die Keimfähigkeit von polyploidem Zuckerrübensaatgut. Zucker 10, 142–163 u. 163–168 (1957). — 4. BRANDT, F. O.: Fünfzigjährige Erfahrungen mit der Kleinwanzlebener Doppelstandardmethode für Leistungsprüfungen von *Beta*-Rüben. Z. Pflanzenzücht. 29, 90–104 (1951). — 5. BREWBAKER, H. E., and R. R. WOOD: Single-Germ Seed. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 2, 259 (1946). — 6. BUSANOV, A.: Die Züchtung monogermmer Zuckerrüben — ein bedeutendes Ereignis in der Geschichte des Zuckerrübenanbaues, Intern. Z. Landwirtschaft. 5, 65–73 (1960). — 7. CSAPODY, M.: Bewertung genetisch monogermmer Sortenaspiranten von Zuckerrüben. Növényem. és Növényterm. Kut. Int. Közl. 2, 3–11 (1962). — 8. CSAPODY, G.: Methoden und Ergebnisse der Züchtung monogermmer Zuckerrüben in Ungarn. Bericht Kiew am 26. 6. 1963. — 9. CSIRKOVICZ, A.: Vergleichende Angaben zur Beurteilung der ungarischen polyploiden Zuckerrübensorten. Intern. Zuckerkonf. (1962) Budapest-Sopronhorpács 7–41 (1962). — 10. EAST, E. M., and H. K. HAYES: Heterozygosis in evolution and plant breeding. Bull. U.S. Dept. agr. 243, 7–58 (1912). — 11. FILUTOWICZ, A.: Die Züchtung von Zuckerrübensorten mit einkeimigen Früchten. Biul. Inst. Hodowli Aklimat. Roslin Nr. 2–3; 11–15 (1959). — 12. FILUTOWICZ, A.: Die polyploiden Zuckerrübensorten in Polen, Methodik und Züchtergebnisse. Intern. Zuckerkonf. Budapest-Sopronhorpács 52–59 (1962). — 13. FISCHER, H. E.: Tetraploide *Beta*-Rüben durch Acenaphthenapplikation. Z. Pflanzenzücht. 49, 91–95 (1963). — 14. FÜRSTE, W.: Anbauerfahrungen mit der polyploiden Zuckerrübensorte „Kleinwanzlebener Multa N“. Zuckererzeugung 1, 48–50 (1957). — 15. FÜRSTE, W.: Die Leistungen unserer Zuckerrübensorten im Hinblick auf ihre Verarbeitungsfähigkeit. Zuckererzeugung 2, 177–180 (1958). — 16. GRAF, A.: Ergebnisse der Zuckerrübensortenversuche 1963. Mitt. von Versuchsergebnissen der Bundesanstalt für Pflanzenbau u. Samenprüfung. Wien 1964. — 17. JONES, D. F.: Dominance of linked factors as a mean of scouting for heterosis. Genetics 2, 466–479 (1917). — 18. KLOEN, D.: Tetraploid mangels. Landb. 13, 627–635 (1956). — 19. KLOEN, D., and D. G. SPECKMANN: The creation of tetraploid beets. Ref. Pl. Breed. Abstr. 27, 543 (1957). — 20. KNAPP, E.: *Beta*-Rüben. In: KAPPERT-RUDOLF, Hdb. Pflanzenzücht. 3, 198–284 (1958). — 21. KNAPP, E.: Monogermes Zucker- und Futterrübensaatgut. Dt. Landwirtschaft. Presse 83, 65–66 (1960). — 22. LÜDECKE, H.: Probleme des Rübenverzelns unter besonderer Berücksichtigung der Beschaffenheit des Saatgutes. Zucker 5, 375–399 (1952). — 23. LÜDECKE, H.: Rationalisierung der Pflegemaßnahmen — Praxisnahe Forschung im Zuckerrübenbau. Zucker 15, 371–374 (1962). — 24. MANZELY, I. I.: Die monokarpe Zuckerrübe im Ausland. Izd. Minist. Selsk. Chotz: SSSR Moskau 116–212 (1960). — 25. MAR-
- GARA, J.: Sur l'obtention d'un hybrid amphidiploide entre *Beta vulgaris* L. et *Beta lomatogona* F. et. M. C. R. Acad. Sci. (Paris) 237, 836–838 (1953). — 26. MAR-GARA, J., et S. METZ: Des hybridisations interspecifics chez la betterave. Etude cytologique et morphologique d'un hybride entre betterave sucrière et *B. lomatogona* F. et M. Ann. Amél. Plant No. 3, 445–462 (1955). — 27. NEGOWSKI, N. A.: Hybridisation und Ausnutzung der Heterosis bei der Zuckerrübe. Arb. Allunionsinst. f. Zuckerrübenforsch. Kiew 1959–60, 11–13 (1962). — 28. ORLOWSKI, N. I.: Zu einigen Fragen der Züchtungsmethodik und Saatgutvermehrung bei der monokarpen Zuckerrübe. Konferenz Kiew 1957 (1957a). — 29. ORLOWSKI, N. I.: Monogermmer Zuckerrüben. Akad. S. H. Nauk. 22, 7–13 (1957b). — 30. ORLOWSKI, N. I.: Züchtung und Samenbau bei der monokarpen Zuckerrübe. Agrobiol. Nr. 6, 846–851 (1959). — 31. ORLOWSKI, N. I.: Zuckerrüben Selektion. Arb. Allunionsinst. Zuckerrübenforsch. Kiew 1959–60 (1962). — 32. ORLOWSKI, N. I.: Besonderheiten der sowjetischen Zuckerrübenzüchtung und ihre Ergebnisse. Genetica — sel'skomu-chozajstou. Izd. Akad. Nauk SSSR Moskva 415–426 (1963). — 33. ORLOWSKI, N. I., O. K. KOLOMIEZ, u. A. W. POPOW: Die monogermmer Zuckerrüben in der UdSSR. Sammlung wissenschaft. Arb. Allunionsinst. Zuckerrübenforsch. Kiew 38 (1958). — 34. RICHARZ, W.: Die Herstellung weitgehend einkeimigen Saatgutes in Deutschland und in den USA. Z. Zuckerind. 10, 244–248 (1960). — 35. RÖSTEL, H. J.: Untersuchungen über die Methodik der Ernte- und Krautmassenbestimmung bei Zuckerrübenleistungsprüfungen und deren Fehlerquellen. Z. landwirtsch. Vers.- u. Untersuch.-Wesen 8, 441–458 (1962). — 36. RUDOLF, W.: Kreuzungen innerhalb der Art. In: ROEMER-RUDOLF, Handb. Pflanzenzücht. 2. Aufl. I S. 519 (1958). — 37. RYSER, G., and V. F. SAVITSKY: Sugar percent in progenies derived from hybrids to monogerm Sugar Beet. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 7, 354–359 (1952). — 38. SAVITSKY, H.: Obtaining tetraploid monogerm selffertil, selfsteril and male-sterile beets. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 8, 50–58 (1954). — 39. SAVITSKY, V. F.: Monogerm sugar beets in the United States. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 6, 156–159 (1950). — 40. SAVITSKY, V. F.: Genetische Studien und Züchtungsmethoden bei monogermmer Rüben. Z. Pflanzenzücht. 40, 1–36 (1958). — 41. SAVITSKY, V. F., and G. K. RYSER: Sugar content in mono- und multigerm sugar beet hybrids, carrying the gene in isolated from Michigan hybrid 18 and the gene in from variety US 22/3. Proc. Amer. Soc. Sugar Beet Technol. 8, Teil II, 23–28 (1954). — 42. SCHLÖSSER, L. A.: „Kleinwanzlebener M-Samen“, eine neue Form von monogermmer Zuckerrübensamen. Zucker 5 (1952). — 43. SCHLÖSSER, L. A.: Zuckerrübenzüchtung im Umbruch. Zuckerrübe 5, 11–12 (1956). — 44. SCHLÖSSER, L. A.: Die Keimzahl im Knäuel in ihrer praktischen Bedeutung als technische und züchterische Aufgabe. Internat. zuckerwirtsch. J. u. Adreßb. Weltzuckerstatistik F.O. Licht 266–268 (1958). — 45. SCHREIBER, H.: Die Züchtung einer natürlich einkeimigen Zuckerrübe. Zuckerrübe 2, 5–6 (1953). — 46. SCHREIBER, H.: Der Stand der Züchtung von natürlich einkeimigem Zuckerrübensamen. Zucker 5, 12–13 (1956). — 47. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in der Phylogenese und Ontogenese. Züchter 23, 17–44 (1953). — 48. SEDLMAYR, TH.: Untersuchungen über den Einfluß verschiedener Faktoren auf die Ploidiestufenanteile einer anisoploiden Zuckerrübensorte. Züchter 31, 310–317 (1961). — 49. SEWOSTJANOW, S. P.: Selektion der monogermmer Zuckerrübe in der UdSSR. Arb. d. Allunionsinst. f. Zuckerrübenforsch. Kiew 1959–60, 8–10 (1962). — 50. SHULL, G. H.: Über die Heterozygotie mit Rücksicht auf den praktischen Züchterfolg. Beitr. Pflanzenzücht. 5, 134–152 (1922). — 51. SHULL, G. H.: What is heterosis? Genetics, 33, 439 bis 446 (1948). — 52. SOSSIMOWITSCH, W. P.: Wildarten und Ursprung der Kulturrüben. Sveklovodstvo 1, 17–85 (1940). — 53. TOWNSEND, C. O.: Single-germ beet seed. J. Heredity 6, 351–354 (1915). — 54. TOWNSEND, C. O., and E. C. RITTUE: Die Züchtung von einkeimigen Rübensamen. Rübenzuckerind. 55, 809–834 (1905). — 55. ZIGAJLO, M. A.: Besonderheiten beim Blühen und bei der Bildung von monokarper Zuckerrübensaatgut. Sach. Svekla 5, 111–115 (1960).