

Der Züchter

Genetics and Breeding Research

Vol. 36

1966

Nr. 7

Endopolyploidie und Ertrag bei diploiden und tetraploiden Zuckerrüben

TH. BUTTERFASS

Max-Planck-Institut für Pflanzengenetik, Ladenburg am Neckar, Rosenhof

Endopolyploidy and yield in diploid and tetraploid sugar beets

Summary. The root weight of diploid and tetraploid sugar beets as related to the actual degree of ploidy of the mesophyll, a combination of meristematic level and subsequent endopolyploidization, was investigated under field conditions in a wet year. Plants with highest endopolyploidy showed the lowest yield. Diploids with low to intermediate endopolyploidy were about equally satisfactory, but among the tetraploids only those plants with the lowest tendency toward endopolyploidization exhibited maximum yield. The highest yield was produced by both diploids and tetraploids with about tetraploid mesophyll, in the preceding dry year this was achieved by diploids with predominantly diploid mesophyll. It seems, therefore, useful in tetraploid sugar beets to breed against endopolyploidization. The genetic advantages of tetraploidy are retained while the disadvantage of large cell size may be eliminated.

In einer vorhergegangenen Arbeit (BUTTERFASS 1965) war am Beispiel der Zuckerrübe darauf hingewiesen worden, daß und warum der Endopolyploidiegrad die Aufmerksamkeit der Polyploidiezüchter verdient. Das Versuchsjahr 1964 war sehr trocken gewesen. Die Arbeiten wurden nun im feuchten Jahr 1965 in größerem Umfang fortgesetzt.

Material und Methode

Material und Versuchsanordnung. Als Versuchsmaterial dienten vier verschiedene Saatgutposten, nämlich als Vergleichspaar I die diploide Sorte Kleinwanzlebener Norta, die auch im Vorjahr verwendet worden war, unten als Diploide I bezeichnet, und ein leistungsfähiger, genetisch breiter tetraploider Stamm, identisch mit dem tetraploiden Stamm I des vorjährigen Versuchs (unten als Tetraploide I bezeichnet), als Vergleichspaar II ein diploider und ein tetraploider Stamm, beide so nahe wie möglich miteinander verwandt, aber mit schmalere genetischer Basis und schlechter Leistung (Diploide II und Tetraploide II). Diese drei Stämme stellte Herr Professor KNAPP aus seinem Versuchsmaterial zur Verfügung. Es war nur wenig tetraploides Saatgut vorhanden. Dafür sollten wenigstens die Diploiden in größerer Zahl untersucht werden. Jeder diploide Stamm wurde deshalb in drei größeren, jeder tetraploide in nur zwei kleineren Wiederholungen angebaut, und zwar jedes Vergleichspaar in der Reihenfolge $2x - 4x - 2x - 4x - 2x$. An die erste und die letzte Reihe der Vergleichsblöcke I und II schlossen sich noch zwei Randreihen an. An den Reihenden blieben je zwei Pflanzen unberücksichtigt, ebenso die Fehlstellennachbarn in den Reihen. Unter den Tetraploiden befanden sich zahlreiche Aneuploide, von denen aber nur ein kleiner Teil getrennt erfaßt worden ist. Es wurden diesmal, anders als im Vorjahr, die Rüben gewichte (mit Kopf, ohne Blatt) von allen Pflanzen, auch von den nicht selektierten, bestimmt und verrechnet.

Düngung und Niederschläge. Im Versuchsjahr (1965) wurden im April 110 und im Juni noch einmal 55 kg Reinstickstoff je Hektar als Kalkammonsalpeter gegeben. Im August des Vorjahres waren 120 kg P_2O_5 , 200 kg K_2O und 2 kg B je Hektar als Bor-Rhekaphos ausgebracht worden. Die Regenmengen und die Anzahlen der Regentage sind in Tab. 1 zusammengestellt. Der Sommer 1965 war bis einschließlich Juli zu naß; der Rest kann als ziemlich normal gelten.

Tabelle 1. Niederschläge am Rosenhof.

	Mittel aus 1949-1965		1964		1965	
	mm	Regen- tage	mm	Regen- tage	mm	Regen- tage
Mai	68	12	85	10	85	18
Juni	91	12	30	8	142 ¹	12
Juli	78	12	25	8	117	21
August	88	13	44	8	59	11
September	62	11	64	13	67	17

¹ Davon 116 mm im ersten Monatsdrittel.

Selektionsprinzip. Selektiert wurde nach dem gleichen Endopolyploidie-Index (Länge plus Breite der Schwamm-parenchymzellen, geteilt durch die Länge der Schließzellen) und den gleichen Gesichtspunkten wie bei BUTTERFASS (1965). Dort finden sich auch weitere Angaben zur Methode. Die Tab. 2 und 3 enthalten die Variationsbreiten der Indexwerte und die Selektionsklassen. Die Indexwerte der Diploiden sind nicht mit denen der Tetraploiden zu vergleichen. Aneuploide wurden ausgeschlossen.

Verknüpfung von Index und Endopolyploidiegrad. Durch Auslösen von Mitosen in ausdifferenzierten Zellen zu prüfen, wie weit durch die verschiedenen Indexwerte tatsächlich Unterschiede des Endopolyploidiegrads¹ erfaßt werden, war im Vorjahr aus äußeren Gründen nicht möglich gewesen. Inzwischen hat sich herausgestellt, daß der Weg des Auslösen von Mitosen zu falschen Resultaten führen kann (BUTTERFASS und SCHLAYER 1965). Deshalb wurde das Kriterium der Chloroplastenzahl (BUTTERFASS 1963) herangezogen. Die Zählmethode ist bei BUTTERFASS (1964b) beschrieben. Die enge Korrelation zwischen den Chloroplastenzahlen und den Ploidiestufen der Schwamm-parenchymzellen (BUTTERFASS 1963) erlaubt es zu prüfen, ob die Zellgrößenindices bei den Pflanzen des vorliegenden Versuchs hauptsächlich als

¹ In dieser Arbeit wird unterschieden zwischen Ploidiestufe und Ploidiegrad. Von „Ploidiestufen“ kann man dem Wortsinn entsprechend nur reden, wenn diskret (diskontinuierlich) verteilte Genomzahlen gemeint sind, die für bestimmte Einzelzellen oder Meristeme zutreffen. Wird allgemein von diploiden oder tetraploiden Pflanzen gesprochen, dann ist die meristematische Stufe gemeint. Das Wort „Ploidiegrad“ wird dagegen hier nur für Zellpopulationen verwendet. Deren Glieder können verschiedenen Ploidiestufen angehören; erst die Zusammensetzung macht den Ploidiegrad aus. Ploidiegrade sind also kontinuierlich verteilt.

Tabelle 2. Die Variationsbreiten der Indexwerte und die Selektionsklassen bei diploiden Rüben.

Vergleichs-paar	Wiederholung	Gesamtpopulation			Selektionsklassen					
		n	Variationsbreite von	bis	klein		mittel		groß	
					n	Index	n	Index	n	Index
I	1	456	2,02	3,43	19	<2,24	23	2,63—2,65	20	>3,04
	2	467	1,94	3,68	21	<2,20	17	2,61—2,64	20	>3,08
	3	378	2,01	3,29	16	<2,35	20	2,68—2,72	20	>3,07
	Mittel		1,99	3,47						
II	1	376	1,85	4,05	20	<2,48	19	2,85—2,90	20	>3,27
	2	427	2,10	4,00	18	<2,53	20	3,00—3,02	18	>3,50
	3	340	1,90	3,61	18	<2,23	20	2,61—2,65	18	>3,07
	Mittel		1,95	3,89						
	Summe	2444 ¹			112		119		116	

¹ Davon mußten 58 Pflanzen aus verschiedenen Gründen unausgewertet bleiben.

Tabelle 3. Wie Tab. 2, aber tetraploide Rüben.

Vergleichs-paar	Wiederholung	Gesamtpopulation			Selektionsklassen					
		n ¹	Variationsbreite von	bis	klein		mittel		groß	
					n ²	Index	n ²	Index	n ²	Index
I	1	356	1,68	3,12	17+3	<1,93	17+6	2,28—2,32	14+6	>2,67
	2	274	1,70	2,90	19+1	<1,88	17+2	2,20—2,23	12+7	>2,56
	Mittel		1,69	3,01						
II	1	304	1,90	3,80	13+5	<2,38	9+9	2,74—2,79	14+4	>3,17
	2	274	1,79	3,77	13+5	<2,26	14+5	2,67—2,74	5+10	>3,15
	Mittel		1,84	3,78						
	Summe	1208 ³			62+14		57+22		45+27	

¹ Einschließlich Aneuploide. — ² Zweite Zahl: Aneuploide. — ³ Davon mußten 59 Pflanzen aus verschiedenen Gründen unausgewertet bleiben.

Ausdruck des erreichten Ploidiegrads des Schwammparenchym (und damit angenähert des ganzen Mesophylls) gelten können. Chloroplastenzahl und Zellgröße sind nämlich bei gleicher Ploidiestufe in gleichartigen Zellen nur schwach korreliert (BUTTERFASS 1964a). (Geprüft ist dies nur für Schließzellen; es wird aber wohl allgemein gelten.) Bei 10 diploiden und 10 tetraploiden Pflanzen jeder Selektionsgruppe wurden in Schwammparenchymzellen vom gleichen Blattstück, von dem auch das für die Messungen verwendete Präparat stammte, die Chloroplasten gezählt. Wie Tab. 4 zeigt, nimmt mit zunehmendem Index auch die Zahl der Chloroplasten stark zu. Die Indexwerte können deshalb als Anhaltspunkte für den Endopolyploidiegrad dienen (vgl. aber Besprechung).

Tabelle 4. Die Chloroplastenzahlen im Schwammparenchym beim Vergleichs-paar II.

Ploidie	Index		
	klein	mittel	groß
2x	50	66	82
4x	69	96	139

Die Nachkommen der im Vorjahr selektierten Pflanzen. Die sechs Pflanzengruppen aus der Selektion im Vorjahr (mit kleinen, mittleren und großen Indexwerten, je diploid und tetraploid, von diesen nur die Euploiden) blühten 1965 gruppenweise gemeinsam ab, wobei die Gruppen gut isoliert waren (Kammengewächshäuser). Das Saatgut wurde einzelpflanzenweise geerntet. Je Gruppe wurden dann fünf Nachkommenschaften zufalls-gemäß herausgegriffen und ausgesät (je 20 Knäuel). Die Indexwerte der Nachkommen wurden an 2¹/₂ Monate alten Gewächshauspflanzen bestimmt.

Darstellung und Verrechnung. Die nach Wiederholungen getrennten Streudiagramme der Rübengewichte (als Ordinate) gegen die Zellgrößenindices (als Abszisse) wurden, soweit nötig, für die zusammenfassende Darstellung und Verrechnung eines Versuchsglieds derart gegeneinander in Abszissenrichtung verschoben, daß die mittleren Abszissenwerte der Wiederholungen sich deckten. Da-

durch wurde möglichen Bodenunterschieden und dem Umstand Rechnung getragen, daß die Zellgrößen bei den Pflanzen verschiedener Wiederholungen teilweise durch verschiedene Personen gemessen werden mußten, wodurch die Gefahr entstand, daß persönliche Eigenheiten in die Meßwerte eingehen. Für die graphischen Darstellungen wurden die jeweiligen Ordinatenmittel über den Abszissenklassen gebildet und durch die Berechnung gleitender Mittel aus jeweils drei aneinandergrenzenden Abszissenklassen ausgeglichen. Nur die Enden der Verteilung blieben dabei unverändert. Für die statistische Prüfung der nach dem Ausgleich noch erkennbaren Unterschiede wurden die Klassentripel als Einheiten behandelt, außer an den Enden der Verteilung, wo es keine Tripel gibt. Durch Zusammenfassen zu schwach besetzter Klassen wurde dafür gesorgt, daß die erste und die letzte Klasse bei den Diploiden (Abb. 1 und 3) mit mindestens 45, bei den Tetraploiden (Abb. 2 und 4) mit mindestens 35 Pflanzen besetzt war.

Grundsätzlich hätten auch die Regressionen der Indexwerte auf die Rübengewichte ermittelt werden können. Es erschien aber weniger wahrscheinlich, daß sich die Zellgröße der Blätter infolge des Rübengewichts verändern sollte als umgekehrt, und deshalb nicht angebracht, das Rübengewicht als supponierte Variable zu verwenden. Probeauswertungen haben keine Regression erkennen lassen.

Bei den Nachkommen der im Vorjahr selektierten Pflanzen gibt es vier statistisch brauchbare Paardifferenzen: Klein gegen mittel und mittel gegen groß, jeweils bei Diploiden und bei Tetraploiden. Die erhaltene Reihe von vier Paardifferenzen wurde mit Hilfe des t-Tests für Paardifferenzen (SCHNELL 1958) auf signifikante positive Abweichung von Null einseitig getestet.

Als Signifikanzschwelle für alle Ergebnisse wurde $P = 5\%$ gewählt.

Ergebnisse

Abb. 1 zeigt die mittleren Rübengewichte für die verschiedenen Indexwerte bei den Diploiden I. Bis über die Mitte der Verteilung hinaus läßt sich keine Regression nachweisen; dann aber fällt das Gewicht

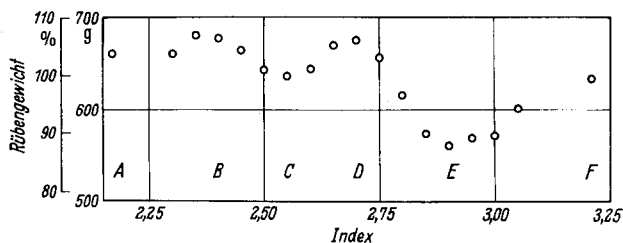


Abb. 1. Diploide I, n = 1274. Die Beziehung zwischen den Indexwerten und den Rübenengewichten. Prozentskala: Bezug auf das durchschnittliche Rübengewicht aus dem ganzen Versuchsglied.

Statistische Angaben:

Vergleich	GD _{5%}	gefund. Differenz
A/E	95	100 *
B/C	84	41 —
B/E	96	118 *
C/D	60	39 —
C/E	66	77 *
D/E	68	116 *
E/F	100	72 —

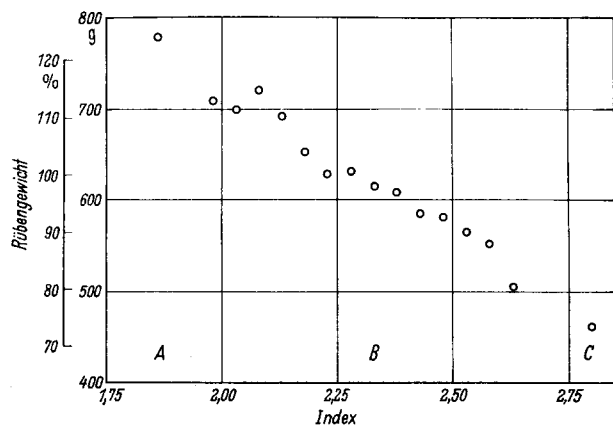


Abb. 2. Tetraploide I, n = 614. Sonst wie Abb. 1.

Statistische Angaben:

Vergleich	GD _{5%}	gefund. Differenz
A/B	103	165 *
B/C	115	154 *

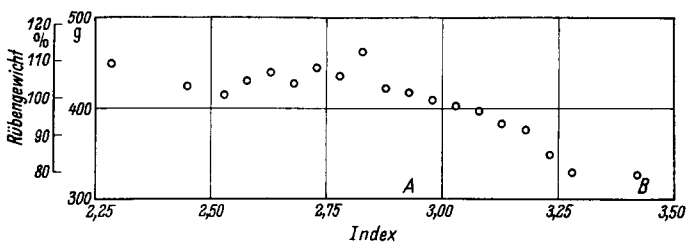


Abb. 3. Diploide II, n = 1112. Sonst wie Abb. 1.

Statistische Angaben:

Vergleich	GD _{5%}	gefund. Differenz
A/B	54	90 *

um etwa 20% ab. Die bei hohen Indexwerten ange deutete Zunahme ist nicht signifikant.

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse mit den Tetraploiden I, Aneuploide eingeschlossen. Hier ist ein überraschend starker und kontinuierlicher Abfall des Rüben gewichts mit steigender relativer Zellgröße zu beobach ten. Die Rüben der letzten Klasse wiegen nur noch gut die Hälfte, verglichen mit denen der ersten Klasse. Der Vergleich mit Abb. 1 zeigt, daß die besten Klas sen dieser Tetraploiden wenigstens der Tendenz nach schwerere Rüben enthalten als die beste Klasse der Diploiden, obwohl die Tetraploiden mit Aneuploiden vermischt sind. Der Unterschied ist allerdings nicht mehr signifikant (gefundene Differenz zwischen Klasse B von Abb. 1 und Klasse A von Abb. 2: 84 g; GD_{5%}: 91 g). Es sei aber noch einmal hervorgehoben, daß die Tetraploiden I mit den Diploiden I genetisch wenig zu tun haben.

Die Diploiden II (Abb. 3) zeigen die gleiche Regel mäßigkeit wie die Diploiden I (Abb. 1), abgesehen von dem viel schlechteren Rüben gewicht. Auf eine Zone fehlender Regression folgt oberhalb der Mitte ein Abfall um 30%.

Die Tetraploiden II (Abb. 4, Aneuploide ebenfalls eingeschlossen) verhalten sich etwas anders als die Tetraploiden I (Abb. 2). Auf eine anfängliche Zu nahme folgt ein Abfall um fast 40%, bezogen auf die Klasse B. Gemeinsam ist aber den Tetraploiden I und II, daß die schwersten Rüben im Durchschnitt Indexwerte zeigen, die weit unterhalb der Mitte der Häufigkeitsverteilung der Indexwerte liegen, wäh rend die Diploiden I und II beide erst oberhalb der Mitte mit dem Leistungsabfall beginnen. Allen vier Versuchsgliedern gemeinsam ist ein starker Rückgang des Gewichts bei Pflanzen mit hohen Indexwerten.

Um Diploide und Tetraploide vergleichen zu könn en, was über den Index nicht möglich ist, und um Aufschluß über die Leistung der Tetraploiden, ge trennt nach Euploiden und Aneuploiden, zu erhalten, wurden von allen selektierten Pflanzen, von denen allein die genauen Chromosomenzahlen ermittelt wor den waren, in jeder Selektionsgruppe die absoluten mittleren Durchmesser der Schwamm parenchymzel len errechnet und entlang der Abszisse statt der In dexwerte aufgetragen. Abb. 5 zeigt den Zusam menhang zwischen den Zelldurchmessern und den Rüben gewichten. Die Ordinaten der Punkte stellen die ungewogenen Mittelwerte aus den Wiederholungs mitteln dar. Man erkennt:

1. Die Tetraploiden I werden bei der gleichen Zell grö ße am schwersten, bei der auch die Diploiden I

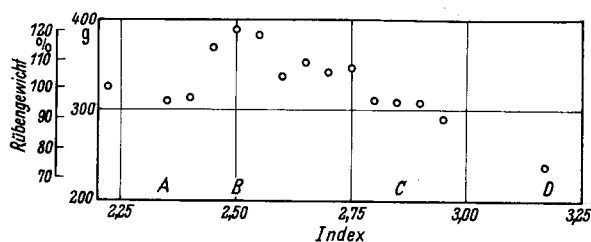


Abb. 4. Tetraploide II, n = 535. Sonst wie Abb. 1.

Statistische Angaben:

Vergleich	GD _{5%}	gefund. Differenz
A/B	61	79 *
A/D	56	73 *
B/C	61	80 *
C/D	57	72 *

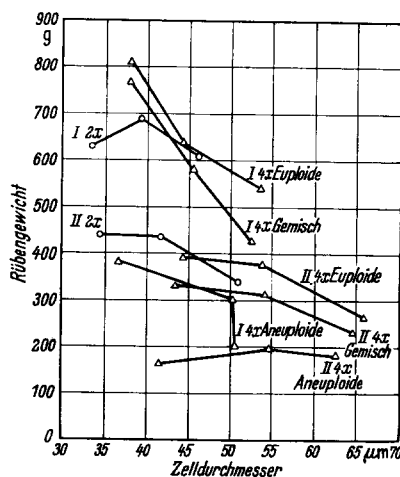


Abb. 5. Selektierte Pflanzen (vgl. Tab. 2 und 3). Die Beziehung zwischen den Zelldurchmessern (für die nach den Indexwerten ermittelten Selektionsgruppen) und den Rüben gewichten.

am meisten wiegen. Dieser Befund gilt für rein Eutetraploide ebenso wie für das gegebene Gemisch mit Aneuploiden.

2. Der starke Leistungsabfall der Tetraploiden I hat mit der Aneuploidie nichts zu tun.

3. Die Aneutetraploiden beider Vergleichspaare erreichen im Versuchsjahr kaum die Hälfte des mittleren Gewichts der Eutetraploiden.

Daß die Diploiden I einen (nicht signifikanten) Anstieg von kleinzellig nach mittelgroßzellig erkennen lassen, der auf Abb. 1 fehlt, liegt an der verschiedenen starken Klassenbesetzung. Die Klasse A von Abb. 1 enthält mehr Rüben als die unterste Klasse von Abb. 5.

Wird als Ordinate statt des Rüben gewichts die Produktion an löslicher Trockensubstanz (Produkt aus Refraktometerwert des Preßsafts und Rüben gewicht) aufgetragen, so ändert sich wenig an dem Bild; die besten Tetraploiden überragen aber die besten Diploiden erwartungsgemäß etwas weniger stark. Auf die Wiedergabe dieses Diagramms wird verzichtet.

Die Erfolge der vorjährigen Selektion. Tab. 5 zeigt die mittleren Indexwerte der Nachkommenschaften. Die Zunahme entsprechend dem Selektionsprinzip ist zwar signifikant, aber recht gering.

Tabelle 5. *Mittlere Indexwerte aller untersuchten Nachkommenschaften.*

Ploidie	Index der Eltern	Index der Nachkommen	Differenzen
2x	klein	3,40	+0,07
2x	mittel	3,47	+0,13
2x	groß	3,60	
4x	klein	3,35	+0,06
4x	mittel	3,41	+0,05
4x	groß	3,46	

GD_{5%}, 3FG: +0,042
 Gefundene Differenz: +0,078 *

Besprechung

Abb. 6 faßt die Abb. 1–4 in stark vereinfachter Form zusammen. Zum Vergleich sind auch die Vorjahresergebnisse mit den Diploiden I eingetragen. (Die Tetraploiden haben im Vorjahr wegen zu geringer Pflanzenzahl kein auswertbares Ergebnis gebracht.) Für die Zuordnung der Meßpunkte zu den Ploidiegraden sind alle verfügbaren Daten herangezogen worden; es bleibt aber unsicher, wie genau

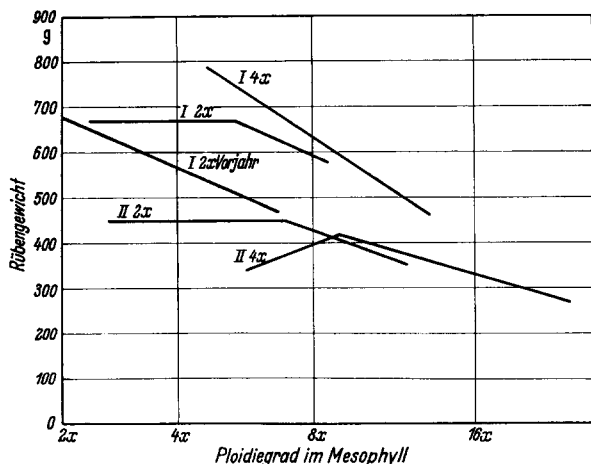


Abb. 6. Stark schematisierte Zusammenfassung der Abb. 1–4 mit dem Vorjahresergebnis für die Diploiden I.

die Zuordnung mit der Wirklichkeit übereinstimmt. Das gilt vor allem für die Glieder des Vergleichspaars II.

Die optimale Leistung der Diploiden I reicht im regenreichen Jahr 1965 bis zu einem höheren Ploidiegrad hinauf als im Trockenjahr 1964. Dieser Ploidiegrad der Diploiden I von 1965 entspricht weitgehend dem der leistungsfähigsten Tetraploiden I.

Bei der Deutung der Ergebnisse, die am Vergleichs paar II gewonnen wurden, ist die schmale genetische Basis dieser Stämme zu berücksichtigen. Während es unter den Diploiden I und Tetraploiden I Pflanzen gibt, die kraft ihres Genotyps weniger, und andere, die mehr zur Endopolyploidisierung neigen, ist die genetische Variabilität bei den ingezüchteten Stämmen II wahrscheinlich geringer. Wenn deren Indexwerte trotzdem breiter streuen als die im Vergleichs paar I (Tab. 2 und 3), so liegt das wohl an der größeren Entwicklungs labilität ingezüchteter Fremdbefruchter (Literatur bei LERNER 1954). Die Indexwerte wären dann im Vergleichs paar II weniger für die Genotypen bezeichnend als im Vergleichs paar I, und damit könnte das abweichende Verhalten der Tetraploiden II zusammenhängen. Von diesem Gesichtspunkt aus erscheinen die Versuchsglieder I miteinander vergleichbarer als mit den Gliedern des Vergleichspaars II. Andererseits stimmen die Ergebnisse in den beiden Vergleichspaaren doch verhältnismäßig gut überein.

Der Sinn des Versuchs hatte darin bestanden, zu erfahren, ob diploide und tetraploide Pflanzen mit genetisch verschieden starker Tendenz zur Endopolyploidisierung ihre optimale Leistung beim gleichen Ploidiegrad des Mesophylls, d. h. bei der gleichen Zellgröße, zeigen, unabhängig von der meristematischen Ploidiestufe. Diese Frage kann für das Vergleichs paar I bejaht werden. Auch die Ergebnisse im Vergleichs paar II sind mit dieser Ansicht einigermaßen vereinbar. Es wäre also tatsächlich erwünscht, die Endopolyploidisierung der Tetraploiden auf genetischem Wege zu vermindern, vorausgesetzt, daß ein bestimmter Ploidiegrad nicht nur als Folge oder Begleiterscheinung eines bestimmten Rüben gewichts entsteht. Da jedoch die Trockenheit Pflanzen mit geringer und eine gute Wasserversorgung Pflanzen mit stärkerer Tendenz zur Endopolyploidisierung begünstigt, gehört der Endopolyploidiegrad offenbar mit zu den Faktoren, die den Ertrag beeinflussen.

Verglichen mit den Ergebnissen des Vorjahrs erscheinen die Rüben gewichte der Diploiden I im Jahre 1965 relativ ausgeglichen (Abb. 6). KOLKUNOW (1930) gibt bereits an, daß in einem feuchten Jahr die Gewichtsunterschiede zwischen den Pflanzen verschiedener Zellgrößen bei guter Düngung weniger stark hervortreten als bei schlechter Düngung. Wären die Versuche des regenreichen Jahres 1965 auf schlecht gedüngtem Land ausgeführt worden, dann hätten die kleinzelligen Diploiden wohl gegenüber den Pflanzen mit mittelgroßen Zellen relativ schlechter abgeschnitten. Bei späteren Versuchen empfiehlt es sich also, nur wenig zu düngen. Die Unterschiede werden dann größer, und man braucht nicht so viele Pflanzen, um sie zu erkennen.

Nach KOLKUNOW (1930) wäre (bei Diploiden) in einem nassen Jahr die gegenteilige Beziehung zwischen Rüben gewicht und Zellgröße zu erwarten als

in einem trockenen, d. h. die Regressionslinie, die 1964 gefallen ist, hätte 1965 ansteigen sollen. Daß sich das Gewichtsoptimum nur ausgedehnt hat, liegt wohl an der guten Düngung und auch daran, daß das Jahr 1965 doch nicht ganz so naß war, wie es zunächst den Anschein gehabt hatte. Ob es unter mitteleuropäischen Verhältnissen vorkommt, daß das Optimum auch bei Tetraploiden nach rechts rückt, bleibt abzuwarten. Ein solches Jahr müßte noch nasser sein als das Jahr 1965; zu züchten ist dagegen für die vorherrschenden Bedingungen, nicht für seltene Extreme.

In einem anisoploiden Gemisch, wie es in verschiedenen Handelssorten vorliegt, haben wir mit Konkurrenzwirkungen zwischen den Angehörigen verschiedener Ploidiestufen zu rechnen, wie zuerst CROMBIE und O'CONNOR (1962) gezeigt haben. Es ist deshalb zu erwarten, daß Konkurrenzwirkungen auch zwischen genetisch unterschiedlichen Individuen der gleichen meristematischen Ploidiestufe, aber verschiedenem Endopolyploidiegrad, vorkommen, um so mehr, als DEMIR (1965) und BOSEMARK (1966) gezeigt haben, daß sich auch die Euploiden und Aneuploiden rein tetraploider Populationen gegenseitig beeinflussen. Die schlechte Leistung der Pflanzen in der höchsten Indexklasse könnte deshalb zu einem Teil mit der guten Leistung der Pflanzen in den untersten Indexklassen verknüpft sein, indem die einen Pflanzen sich auf Kosten der anderen entwickelt haben. Auch wenn es gelänge, Populationen mit der genetischen Zusammensetzung einer bestimmten Selektionsklasse zu erhalten und zu vermehren, was nicht der Fall sein wird, würde diese Population infolge der veränderten Wettbewerbslage für ihre Glieder nicht das gleiche leisten wie die Pflanzen der Ausgangsklasse, sondern ihre Leistung erschiene in Richtung auf das Mittel der gesamten Ausgangspopulation verschoben. Welche Folgen es für die Konkurrenzwirkungen innerhalb einer anisoploiden Population hätte, wenn die wahren Ploidiegrade von Diploiden und Tetraploiden nicht mehr so verschieden wären wie bisher, wissen wir nicht. Wenn die Glieder der Population gleichartiger sind und die Ansprüche benachbarter Pflanzen weniger differenziert, sondern mehr additiv wirken, besteht die Gefahr, daß die heute der Tendenz nach vorhandene Mehrleistung der anisoploiden Sorten gegenüber der Leistung der diploiden zurückgeht. Aber das bleibt abzuwarten und hat insofern wenig zu sagen, als die Entwicklung auf längere Sicht wahrscheinlich ohnehin von den anisoploiden Sorten weg zu rein triploiden oder tetraploiden Sorten verlaufen wird.

Wenn schon der erreichbare Selektionserfolg, wie weiter oben gezeigt, kleiner ist als die beobachtete Mehrleistung der Pflanzen bestimmter Klassen, ist es um so wichtiger, den Endopolyploidiegrad einer gegebenen Pflanze vor der Selektion möglichst richtig zu beurteilen. Dafür eignet sich nun aber der Index, wie inzwischen klar geworden ist, doch nur beschränkt. Das zeigen die Chloroplastenzahlen der Mesophyllzellen. Die Häufigkeitsverteilungen (hier nicht wiedergegeben) der mittleren Chloroplastenzahlen je Pflanze für zwei extreme Selektionsgruppen berühren sich noch, obwohl die Gruppenmittel (Tab. 4) deutlich genug voneinander verschieden sind. Es kommt also vor, daß Pflanzen, die in zwei extreme

Selektionsklassen eingereiht worden waren, ungefähr gleich viele Chloroplasten in den Mesophyllzellen enthalten und damit etwa den gleichen Endopolyploidiegrad besitzen. Den statistischen Fehler der Chloroplastenzahl, der in diesem Falle nicht ganz klein ist, muß man natürlich mit berücksichtigen. Trotzdem liefert der Index offenbar nur im großen Durchschnitt brauchbare Werte. Der Selektionserfolg (Tab. 5) kann darum nur bescheiden sein. Was ist zu tun?

Eine Möglichkeit besteht darin, die Pflanzenzahl stark zu vermindern und dafür die Pflanzen durch mehrfach wiederholte Indexbestimmung zu verschiedenen Zeiten schärfer zu charakterisieren. Eine schlechte Nährstoffversorgung vergrößert die Unterschiede in nicht zu trockenen Jahren, schadet aber auch in Trockenjahren methodisch nicht. Dieser Weg ist für den Versuch des Jahres 1966 vorgesehen. Genauer wäre es, nicht die Zellgrößen zu bestimmen, sondern die Chloroplasten in den Mesophyllzellen zu zählen. Auf eine größere Zahl von Pflanzen angewandt, wird dieses Verfahren aber so mühsam und zeitraubend, daß es sich nicht verwenden läßt. Als Ausweg bietet sich die bloße Bonitur der Chloroplastenzahlen in den Mesophyllzellen an. Auf diese Weise könnte man gegen die Endopolyploidisierung von Tetraploiden selektieren, und dies besser und viel schneller als mit Hilfe des Index, nicht aber den quantitativen Zusammenhang von Endopolyploidiegrad und Rübengewicht studieren, um den es zunächst geht. Ist der Zusammenhang einmal genügend untersucht, dann hat der Index seine Aufgabe erfüllt. Erst die Bonitur der Chloroplastenzahlen macht es möglich, eine größere Zahl von Nachkommenschaften der vorselektierten Pflanzen getrennt zu prüfen und damit von der reinen Massenselektion wegzukommen.

Isoliert betrachtet sehen die Zusammenhänge zwischen dem Endopolyploidiegrad und dem Ertrag einfacher aus, als sie es in Wirklichkeit sind. Auf der einen Seite wird es viele Einflüsse geben, die den Endopolyploidiegrad verändern und mit ihm in Wechselwirkung treten, auf der anderen zahlreiche Ertragskomponenten, die nichts mit ihm zu tun haben. Wenn man sich aber mit Polyploidiezüchtung befaßt und sich bemüht, die Besonderheiten polyploider Pflanzen und Populationen verstehen zu lernen, gehört dazu die Erkenntnis, daß die meisten der als tetraploid bezeichneten Zuckerrüben in Wirklichkeit vorwiegend oktaploid werden und daß dieser Umstand unerwünscht ist, obwohl die meisten Diploiden vorwiegend tetraploid werden und dies im Durchschnitt der Jahre einen Vorteil bedeutet.

In allen Teilen des Versuchs war mir Frau INGBORG ACKERMANN behilflich. An den Messungen waren außer ihr Frau PADMA JOSHI, M. Sc., Herr JUNKICHI NAKAJIMA und Dr. HARDNAK GRAF VON DER SCHULENBURG beteiligt, an den Verrechnungen vor allem Herr stud. rer. nat. ULRICH HESS. Zahlreiche Mitarbeiter des Rosenhofs haben Anfang Juni 1965 bei Tag und Nacht erfolgreich mitgeholfen, die Überschwemmung des Versuchsfelds abzuwenden. Allen genannten und ungenannten Mitarbeitern danke ich für ihre Hilfe.

Zusammenfassung

Die Regression des Rübengewichts von diploiden und tetraploiden Zuckerrüben auf den tatsächlichen Ploidiegrad des Mesophylls, der sich aus der meristematischen Ploidiestufe und der Endopolyploidie zu-

sammensetzt, wurde in einem nassen Jahr unter Feldbedingungen geprüft. Am wenigsten leisteten die Pflanzen mit dem höchsten Endopolyploidiegrad. Die Diploiden mit geringer bis mittlerer Endopolyploidie befriedigten im Mittel gleich gut, aber unter den Tetraploiden brachten nur die Pflanzen mit der kleinsten oder einer nur wenig höheren Tendenz zur Endopolyploidisierung den höchsten Ertrag. Das beste Rübengewicht wurde sowohl bei Diploiden als auch bei Tetraploiden mit etwa tetraploidem, im vorhergehenden Trockenjahr bei Diploiden sogar mit vorwiegend diploid gebliebenem Mesophyll erreicht. Deshalb erscheint es nützlich, bei tetraploiden Zuckerrüben gegen die Endopolyploidisierung zu züchten. Die genetischen Vorteile der Tetraploidie bleiben erhalten, während der Nachteil der großen Zellen verschwinden kann.

Literatur

1. BOSEMARK, N. O.: On the origin and consequences of aneuploidy in triploid and tetraploid sugar beet. I.I.R.B., Journal Internat. Inst. Sugar Beet Res. 1,

im Druck (1966). — 2. BUTTERFASS, TH.: Die Abhängigkeit der Plastidenvermehrung von der Reproduktion der Erbsubstanz im Kern. Ber. dt. bot. Ges. 76, 123–134 (1963). — 3. BUTTERFASS, TH.: Die Korrelation zwischen der Chloroplastenzahl und der Zellgröße bei diploiden, triploiden und tetraploiden Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.) Naturwissenschaften 51, 70–71 (1964a). — 4. BUTTERFASS, TH.: Die Chloroplastenzahlen in verschiedenartigen Zellen trisomer Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.). Z. Bot. 52, 46–77 (1964b). — 5. BUTTERFASS, TH.: Der Endopolyploidiegrad als neuer Aspekt der Polyploidiezüchtung. Züchter 35, 293–296 (1965). — 6. BUTTERFASS, TH., und G. SCHLAYER: Widersprüchliche Ergebnisse bei der Bestimmung des Endopolyploidiegrads von Zuckerrüben durch Auslösung von Mitosen. Chromosoma (Berl.) 17, 303–308 (1965). — 7. CROMBIE, B., and L. J. O'CONNOR: Polyploid sugar beet in Ireland. Comptes rendu 25^e Congrès d'Hiver, Inst. Internat. Rech. Betteravières, Bruxelles, 379–387 (1962). — 8. DEMIR, I.: Habilitationsschrift der Landwirtschaft. Fakultät d. Univ. Izmir (1965). Türkisch. Zitiert nach Angaben des Verfassers. — 9. KOLKUNOW, W.: Einige Ergebnisse der Nachforschungen über die Zellengröße bei der Zuckerrübe. Z. Pflanzenzüchtung 15, 87–99 (1930). — 10. LERNER, I. M.: Genetic homeostasis. London: Oliver & Boyd 1954. — 11. SCHNELL, F. W.: Elementarmethoden der Statistik. Handb. Pflanzenzüchtung, 2. Aufl., I, 732–780 (1958).

Vergleichende Untersuchungen über den Einfluß der Genomverdoppelung auf die Ertragsfähigkeit bei Weißklee (*Trifolium repens* L.)

HORST TIEMANN

Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz
der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

Comparative investigations on the influence of genome doubling on productivity in white clover (*Trifolium repens* L.)

Summary. The productivity of white clover was investigated for twelve octoploid forms and their respective parental stocks. Treating the sprouts was the most successful means of doubling the genome. Octoploids, when compared with the parental material, showed larger cotyledons, thicker and longer leaf stalks and peduncles, greater leaf blades and flower heads, and delayed flowering.

Five out of twelve octoploids were significantly superior to their parents in green weight as well as in dry weight. Only one of them was significantly inferior.

Independent of growth conditions the octoploids contained 1.4% less dry matter than their parental stock. Seed production in octoploids was lower than in the parental material, but increased in later generations.

Two out of twelve octoploids yielded fodder of high quantity and quality and produced a satisfactory number of seeds.

There were no significant correlations between the tetraploid parental material and the octoploid forms in green and in dry weight. There was a positive and significant correlation for seed weight.

In practice the breeding of white clover can be improved by the use of polyploid forms derived from carefully chosen tetraploid stock.

Aus umfangreichen vergleichenden Untersuchungen geht hervor, daß das Vitalitätsoptimum einer Art an eine ganz bestimmte Chromosomenzahl gebunden ist. Dabei liegt die optimale Chromosomenzahl bei Allopolyploiden gewöhnlich höher als bei Autopolyploiden (MÜNTZING, 1958; v. WETTSTEIN, 1924, 1927).

Allogame Formen ergeben bei künstlicher Polyploidisierung durchschnittlich bessere Resultate als autogame (BECKER, 1953; FOCKE, 1959). Für die Polyploidiezüchtung stellen somit allogame Pflanzen mit geringer Chromosomenzahl und vorwiegend vegetativer Nutzung besonders günstige Objekte dar (EIGSTI, 1957; KAPPERT, 1953; KEPPLER, 1952; KUCKUCK und MUDRA, 1950; LEVAN, 1945b; MÜNTZING, 1958; SCHEIBE, 1951; STEBBINS, 1950, 1956). So wurden erfolversprechende Ergebnisse vor allem bei Futterpflanzen, speziell den Arten *Trifolium pratense* mit $2x = 14$ und *Trifolium hybridum* mit $2x = 16$ erzielt (BINGEFORS, 1958, 1959; BLEIER, 1949; FRANDSEN, 1945, 1948, 1951, 1959; GELIN, 1954; HERTZSCH, 1954, 1958, 1959a, 1961, 1962; G. JULÉN, 1948, 1950, 1952, 1953a, b, 1954, 1956, 1958, 1959; U. JULÉN, 1950; ŁACZYŃSKA-HULEWICZ, 1956, 1957a, b, 1958; LEVAN, 1940, 1942, 1945a, b, 1946, 1948; MULTAMÄKI, 1953; MÜNTZING, 1941; QUADT, 1954; RASMUSSEN, 1958; SCHWEIGER, 1957; TURESSON, 1946, 1962; WEXELSEN, 1950; WEXELSEN und VESTAD, 1954; WIT, 1954).

Im Gegensatz zum Rot- und Schwedenklee liegt beim Weißklee kein diploides, sondern allotetraploides Ausgangsmaterial mit $4x = 32$ Chromosomen im Soma vor (TIEMANN und SCHREITER, 1961).

Bisher durchgeführte Untersuchungen an autoallopolyploidem Weißklee sind wenig umfangreich und führten zu gegensätzlichen Ergebnissen. Während ATWOOD (1944, 1947), FRANDSEN (1945, 1948), HUTTON (1957), JULÉN (1950) und LEVAN (1948) über ge-