

# DER ZÜCHTER

35. BAND

1965

HEFT 7

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

## Der Endopolyploidiegrad als neuer Aspekt der Polyploidiezüchtung

Von TH. BUTTERFASS

Gibt es innerhalb einer Species Genotypen von gleicher meristematischer Ploidiestufe, die bei gleichen Umweltbedingungen Unterschiede in der vorherrschenden, oft endomitotisch veränderten Ploidiestufe der Blätter zeigen? Anzunehmen ist es wohl; aber die Frage ist bisher anscheinend nicht gesehen und deshalb auch nicht geprüft worden. Vom theoretischen wie vom züchterischen Standpunkt aus verdienten solche Unterschiede, wenn es sie gibt, Aufmerksamkeit. Der Endopolyploidiegrad sollte sich nämlich dann durch Selektion dauerhaft verändern lassen, wobei auch Leistungsmerkmale geändert werden könnten. Mit der vorliegenden Arbeit wird begonnen, den Sachverhalt zu studieren.

### Material und Methode

Als Objekte dienten Zuckerrüben; ihre Mesophyllzellen werden in der Regel endopolyploid (BUTTERFASS, 1963, 1964a, 1964b). Die meristematisch diploide Handelsorte Kleinwanzlebener Norta und drei meristematisch tetraploide Zuchttämme des Rosenhofs, die nicht eng miteinander verwandt waren, wurden 1964 auf dem Feld in sechs Wiederholungen angebaut. Nachdem die Fehlstellennachbarn in der Reihe sowie die Randpflanzen weggelassen worden waren, konnten noch 1085 diploide und 904 tetraploide Pflanzen untersucht werden. Der Sommer 1964 war in unserem Gebiet sehr trocken; in den Monaten Juni bis August fielen am Rosenhof nur 99 mm Regen gegenüber einem Mittelwert aus 15 Jahren (1949–1963) von 258 mm. Zusätzlich berechnet wurde aber nicht, denn es hätte nicht gleichmäßig genug geschehen können.

Die Endopolyploidiestufe durch künstliche Auslösung von Mitosen zu bestimmen, oder auch nur die Chloroplasten in den Schwammparenchymzellen zu zählen, um die Zahlen als Indizien für die Ploidiestufe zu verwenden (BUTTERFASS, 1963, 1964a, 1964b), ist bei so vielen Pflanzen praktisch unmöglich. Wie Voruntersuchungen gezeigt haben, besteht aber innerhalb jedes Zuckerrübenblatts eine enge Korrelation zwischen den mittleren Durchmessern und den Chloroplastenzahlen der Schwammparenchymzellen; da die Chloroplastenzahlen ihrerseits von der Ploidiestufe abhängen, kann die relative Zellgröße hier als grobes Maß für die Ploidiestufe dienen. Die Meßwerte müssen relativiert werden, weil es auch Rüben geben kann, deren Zellen trotz gleicher Ploidiestufe größer sind als die anderer Individuen. Auf Grund verschiedener Versuche wurde schließlich folgendes Verfahren angewandt: Blattstücke wurden von gesunden, ausgewachsenen Blättern (Pflanzenalter  $3\frac{1}{2}$  Monate) entnommen und mindestens einen Tag lang in 4%igem Formaldehyd fixiert. Epidermisstückchen aus der Mitte einer Spreitenhälfte wurden dann, die Innenseite nach oben, in einen Tropfen Jod-Kaliumjodid-Lösung eingebettet. Dann wurden 10 an der Epidermis haftende Schwammparenchymzellen zufällig gemäß herausgegriffen und in zwei Richtungen gemessen (kleinster und größter Durchmesser). Im gleichen Präparat wurden auch die Längen von 10 zufällig gemäß herausgegriffenen Schließzellenpaaren bestimmt. Aus der Addition der beiden Parenchymzellenmittel und nachfolgender Division durch das Schließzellenmittel ergibt sich für jede Pflanze ein Indexwert als Maß für den mittleren relativen Durchmesser der Schwammparenchymzellen im Vergleich zur

Länge der Schließzellen. Die Schließzellen behalten die meristematische Ploidiestufe immer bei (TSCHERMAK-WOESS, 1956, BUTTERFASS, 1963) und eignen sich deshalb als Bezugseinheiten. Je höher der Anteil an polyploiden Zellen im Parenchym und je höher die Ploidiestufe dieser Zellen ist, desto größer wird der Index. Selektiert wurde wiederholungsweise nach der jeweiligen Häufigkeitsverteilung der Indices.

Bezieht man die dritten Potenzen der Indexwerte zu vergleichender Pflanzen aufeinander, so ergibt sich ein Maß für das Verhältnis der beiden mittleren relativen Zellvolumina, sofern die kleinen und die großen Zellen geometrisch ähnlich sind. Die Voraussetzung ist in ausreichendem Maße erfüllt; kleine Abweichungen fallen wenig ins Gewicht, weil der Quotient aus den größeren und den kleineren Durchmessern der Schwammparenchymzellen bei den meisten Pflanzen nur 1,2 bis 1,3 betrug.

Da tetraploide Zuckerrübenpopulationen 25–35% Aneuploide enthalten (BUTTERFASS, 1961, ROMMEL, 1963, 1964, BOSEMARK, 1964, DEMIR, 1965) und aneuploide Zuckerrüben je nachdem, welche Chromosomen in abweichender Zahl vorhanden sind, einen veränderten Endopolyploidiegrad zeigen können (BUTTERFASS, 1964a), mußten die selektierten Tetraploiden auf Euploidie geprüft werden. Von 111 geprüften Tetraploiden waren 28 = 25% aneuploid.

Von allen selektierten diploiden und tetraploiden Pflanzen wurden einzeln das Rübengewicht (mit Kopf, ohne Blatt) und der Refraktometerwert des Preßsafts (lösliche Trockensubstanz in %) bestimmt. Für die vorliegende Arbeit wurden nur die euploiden Pflanzen verwendet.

### Ergebnisse

Die Tab. 1 enthält die Variationsbreiten der Indices in allen Wiederholungen und die jeweiligen Selektionsbereiche bei diploiden Rüben, die Tab. 2 die Variationsbreiten der Indices bei tetraploiden Rüben. (Die Selektionsbereiche waren bei Tetraploiden andere als bei Diploiden; überhaupt dürfen die Indices der Diploiden nicht mit denen der Tetraploiden verglichen werden.) Für Tab. 3 sind die Extremwerte der Tabellen 1 und 2 in die dritte Potenz erhoben worden, um das ungefähre Verhältnis der mittleren Volumina der Schwammparenchym-

Tabelle 1. Die Variationsbreiten der Indices und die Selektionsklassen bei diploiden Rüben.

(Die Klasseneinteilung wurde von Wiederholung zu Wiederholung neu festgelegt; Klasse b entspricht etwa dem Häufigkeitsschwerpunkt der Verteilung, wo genug Pflanzen eines Werts vorhanden waren. Die Anzahlen der selektierten Pflanzen sind in Tab. 4 enthalten.)

| Wiederholung | n   | Variationsbreite |      | Selektionsklassen |      |        |
|--------------|-----|------------------|------|-------------------|------|--------|
|              |     | von              | bis  | a                 | b    | c      |
| 1            | 177 | 2,08             | 3,53 | < 2,15            | 2,67 | > 3,30 |
| 2            | 211 | 1,79             | 3,21 | < 2,10            | 2,55 | > 3,08 |
| 3            | 156 | 2,04             | 3,33 | < 2,10            | 2,61 | > 3,20 |
| 4            | 115 | 2,07             | 3,54 | < 2,10            | 2,61 | > 3,20 |
| 5            | 182 | 2,12             | 3,12 | < 2,15            | 2,61 | > 3,08 |
| 6            | 141 | 1,92             | 3,34 | < 2,15            | 2,66 | > 3,20 |
| Mittel       |     | 2,00             | 3,34 |                   |      |        |

zellen zwischen den extremen Pflanzen zu zeigen. (Vgl. dazu die Bemerkungen im Abschnitt „Material und Methode“.) In jedem Versuchsglied kommen extreme Pflanzen vor, deren mittlere Volumina der Schwammparenchymzellen sich um den Faktor 4 oder mehr unterscheiden.

Die kleinsten Indexwerte der Tetraploiden des Stamms III lagen über jenen der Tetraploiden der Stämme I und II (Tab. 2). Der Unterschied war signifikant und betrug im Mittel 0,21, höchstens 0,28 (I/III in Wiederholung 2), entsprechend Volumenerhöhungen (Tab. 3) von gut 40% bzw. knapp 60%.

Nach Tab. 4 war die Trockensubstanzproduktion der diploiden Rüben bei den Pflanzen mit den relativ kleinsten Schwammparenchymzellen signifikant höher als bei jenen mit den größten Zellen, während die Pflanzen mit den mittelgroßen Zellen in der Leistung die Mitte hielten.

Die Unterschiede bei den tetraploiden Rüben (Tab. 5) waren durchweg nicht signifikant. Der Stamm II, bei dem nach Erhöhen der Pflanzenzahl am ehesten ein signifikanter Unterschied zu finden sein könnte, zeigte aber ebenfalls die Tendenz zu einer Mehrleistung der relativ kleinstzelligen Pflanzen.

Die Frage, ob es erbliche Unterschiede der Endopolyploidisierungstendenz gibt, lässt sich aus dem

Tabelle 3. Die dritten Potenzen der beiden extremsten Indexwerte (vgl. Tab. 1 und 2) und grobe Maßzahlen für das Volumenverhältnis der Schwammparenchymzellen der beiden extremen Pflanzen.

| Wiederholung | 2 x   |       |         | 4 x Stamm I |       |         | 4 x Stamm II |       |         | 4 x Stamm III |       |         |
|--------------|-------|-------|---------|-------------|-------|---------|--------------|-------|---------|---------------|-------|---------|
|              | klein | groß  | gr./kl. | klein       | groß  | gr./kl. | klein        | groß  | gr./kl. | klein         | groß  | gr./kl. |
| 1            | 9,00  | 43,99 | 4,9     | 4,02        | 31,55 | 7,8     | 4,33         | 16,00 | 3,7     | 6,13          | 25,67 | 4,2     |
| 2            | 5,74  | 32,15 | 5,6     | 4,74        | 24,90 | 5,3     | 6,13         | 22,19 | 3,6     | 7,53          | 24,39 | 3,2     |
| 3            | 8,49  | 36,93 | 4,3     | 5,54        | 22,91 | 4,1     | 4,74         | 26,73 | 5,6     | 7,88          | 27,82 | 3,5     |
| 4            | 8,87  | 44,36 | 5,0     | 5,27        | 20,35 | 3,9     | 5,64         | 19,90 | 3,5     | 6,64          | 28,65 | 4,3     |
| 5            | 9,53  | 30,37 | 3,2     | 5,18        | 26,46 | 5,1     | 6,64         | 30,96 | 4,7     | 7,30          | 22,43 | 3,1     |
| 6            | 7,08  | 37,26 | 5,3     | 5,45        | 21,02 | 3,9     | 7,19         | 39,65 | 5,5     | 7,19          | 23,64 | 3,3     |
| Mittel       | 8,00  | 37,26 | 4,7     | 5,00        | 24,39 | 4,9     | 5,74         | 25,15 | 4,4     | 7,08          | 25,41 | 3,6     |

Tabelle 4. Rübengewicht (mit Kopf, ohne Blätter), Refraktometerwert und Trockensubstanzproduktion pro Rübe bei diploiden Pflanzen mit relativ extrem kleinen (a), mittelgroßen (b) und extrem großen (c) Schwammparenchymzellen.

| Wiederholung | a   |      |         |        | b   |      |         |        | c  |      |         |        |
|--------------|-----|------|---------|--------|-----|------|---------|--------|----|------|---------|--------|
|              | n   | Gew. | Refr. % | Tr.-S. | n   | Gew. | Refr. % | Tr.-S. | n  | Gew. | Refr. % | Tr.-S. |
| 1            | 3   | 727  | 22,8    | 162    | 3   | 597  | 23,7    | 138    | 7  | 403  | 23,9    | 95     |
| 2            | 7   | 701  | 23,5    | 164    | 3   | 597  | 23,1    | 136    | 3  | 537  | 23,3    | 119    |
| 3            | 5   | 866  | 22,4    | 192    | 3   | 720  | 22,8    | 160    | 4  | 470  | 25,0    | 117    |
| 4            | (1) | 540  | 21,7    | 117)   | (1) | 610  | 24,5    | 149)   | 6  | 545  | 23,2    | 123    |
| 5            | 4   | 458  | 23,5    | 108    | 3   | 477  | 24,9    | 118    | 3  | 350  | 24,2    | 85     |
| 6            | 3   | 620  | 23,3    | 144    | 3   | 537  | 23,3    | 135    | 4  | 498  | 23,5    | 116    |
| Mittel       | 23  | 680  | 23,1    | 155    | 16  | 587  | 23,3    | 135    | 27 | 467  | 23,8    | 109    |
| in %         |     |      |         | 100    |     |      |         | 87     |    |      |         | 70     |
|              |     |      |         | 115    |     |      |         | 100    |    |      |         | 81     |
|              |     |      |         | 142    |     |      |         | 124    |    |      |         | 100    |

| Vergleiche          | gef. Diff. | GD <sub>5%</sub> (zweiseit. Fr.) |                   |
|---------------------|------------|----------------------------------|-------------------|
| Trockensubstanz a/b | 20         | 29                               | nicht signifikant |
| Trockensubstanz b/c | 26         | 25                               | signifikant       |
| Trockensubstanz a/c | 46         | 23                               | signifikant       |
| Refr. % a/c         | 0,7        | 1,0                              | nicht signifikant |

Tabelle 5. Wie Tab. 4, aber eutetraploide Pflanzen.  
Alle Wiederholungen zusammengefaßt.

| Stamm                           | n   | Gew. | a       |            | n                | Gew. | b                 |        | n  | Gew. | c       |        |
|---------------------------------|-----|------|---------|------------|------------------|------|-------------------|--------|----|------|---------|--------|
|                                 |     |      | Refr. % | Tr.-S.     |                  |      | Refr. %           | Tr.-S. |    |      | Refr. % | Tr.-S. |
| I                               | 9   | 613  | 21,7    | 133        | 10               | 707  | 21,5              | 152    | 8  | 835  | 20,8    | 172    |
| II                              | 7   | 789  | 22,6    | 176        | 9                | 621  | 22,9              | 142    | 6  | 712  | 24,0    | 169    |
| III                             | (2) | 645  | 23,8    | 154)       | 11               | 494  | 24,1              | 116    | 14 | 477  | 24,4    | 116    |
| Mittel                          | 18  | 685  | 22,3    | 152        | 30               | 603  | 22,9              | 136    | 28 | 630  | 23,3    | 143    |
| Vergleich der Trockensubstanzen |     |      |         | gef. Diff. | GD <sub>5%</sub> |      |                   |        |    |      |         |        |
| Stamm I, a/c                    |     |      |         | 39         | 64               |      | nicht signifikant |        |    |      |         |        |
| Stamm II, a/b                   |     |      |         | 34         | 41               |      | nicht signifikant |        |    |      |         |        |
| Mittel, a/b                     |     |      |         | 16         | 28               |      | nicht signifikant |        |    |      |         |        |

beschriebenen Versuch noch nicht ganz sicher beantworten. (Vgl. aber die Diskussion unten.) Es stehen jedoch andere Daten zur Verfügung, die eine klare Antwort erlauben. Etwa 30 Zuckerrüben waren einzeln miteinander gepaart worden. (Das Auswahlprinzip ist hier ohne Belang.) Die Prüfung der unter gleichen Bedingungen nebeneinander aufgezogenen Nachkommenchaften auf die Zellgröße ergab signifikante Unterschiede zwischen den Mittelwerten der Nachkommenschaften. Verwundungsversuche an Blättern (wie bei BUTTERFASS 1963 beschrieben) von Pflanzen aus jeweils der Mitte der beiden am stärksten verschiedenen Häufigkeitsverteilungen der Indices ergaben 266 auswertbare Mitosen, die sich wie in Tab. 6 angegeben auf die Ploidiestufen verteilten. Die untersuchten Pflanzen der größerzelligen Population zeigten im Mittel um 35% mehr Endomitoseschritte als die untersuchten Pflanzen der kleinerzelligen Population. Zwischen diploiden Zuckerrüben gibt es also tatsächlich genetische Unterschiede der Endopolyploidisierungstendenz.

### Besprechung

Für Regenerationsversuche zur Ermittlung der wirklichen Endopolyploidiestufe war es beim Vorliegen der Meßergebnisse zu spät. Nach vorangegangenen Erfahrungen und nach Tab. 6 beruhen aber starke Größenunterschiede der Mesophyllzellen vorwiegend auf Unterschieden der Ploidiestufen. Wie Tab. 6 zeigt, können Unterschiede der Endopolyploidisierung genetisch bedingt sein.

Unsicher ist allerdings, ob der genetische Unterschied zwischen den tetraploiden Stämmen, der sich darin äußert, daß die Variationsbreiten der Stämme I und II bei kleineren Indexwerten beginnen als die des Stammes III (Tab. 2), ebenfalls auf Unterschieden der Endopolyploidisierung beruht. So brauchte z. B. das Größenverhältnis zwischen Schwammparenchym- und Schließzellen gleicher Ploidiestufe nicht in allen Stämmen das gleiche zu sein.

Gut mit Wasser versorgte Rübenpflanzen werden höher endopolyploid (BUTTERFASS, 1964b) und natürlich schwerer als schlecht mit Wasser versorgte Pflanzen. Zuckerrüben, die trotz herrschender Dürre noch relativ großzellig werden, weil sie vielleicht längere Wurzeln besitzen und deshalb weniger notleiden, müßten ebenfalls schwerer werden als ihre kleinerzelligen Nachbarpflanzen. In dem Versuch erreichten aber die relativ großzelligen Pflanzen bei weitem nicht die Rübengewichte der kleinerzelligen. Die Unterschiede der Zellgröße beruhen also hier nicht auf Unterschieden der Wasserversorgung.

Einen ähnlichen wie den hier beschriebenen Versuch stellte bereits KOLKUNOW (1930) an, ohne etwas von Endopolyploidie zu wissen. Er prüfte bei Rüben verschiedener Gewichtsklassen die Durchmesser der Mesophyllzellen. Auf insgesamt sechs verschiedenen Böden, aber immer unter Dürreverhältnissen, waren stets die schwereren Exemplare im Mittel kleinerzellig als die leichteren. Das Ergebnis stimmt also mit dem eigenen überein. KOLKUNOW fand aber in

Tabelle 6. Häufigkeitstafel der induzierten Mitosen bei zwei verschiedenen meristematisch diploiden Zuckerrübenpopulationen mit verschiedener Zellgröße im Mesophyll.

| Pflanze Nr. | Zellgröße | 2 x        | 4 x         | 8 x        | 16 x     | Mittlere Zahl der Endomitoseschritte |
|-------------|-----------|------------|-------------|------------|----------|--------------------------------------|
| 43 227      | klein     | 4          | 16          | 8          | 1        | 1,2                                  |
| 43 229      | klein     | 13         | 26          | 1          | 0        | 0,7                                  |
| 43 231      | klein     | 4          | 7           | 1          | 0        | 0,75                                 |
| 43 232      | klein     | 0          | 3           | 0          | 0        | —                                    |
| 43 235      | klein     | 6          | 17          | 1          | 0        | 0,8                                  |
| 43 241      | klein     | 10         | 26          | 3          | 0        | 0,8                                  |
| 43 245      | klein     | 0          | 1           | 0          | 0        | —                                    |
| Summe in %  | klein     | 37<br>25,0 | 96<br>64,9  | 14<br>9,5  | 1<br>0,7 | 0,85 (a)                             |
| 43 104      | groß      | 0          | 21          | 2          | 0        | 1,1                                  |
| 43 107      | groß      | 0          | 17          | 5          | 0        | 1,2                                  |
| 43 109      | groß      | 1          | 31          | 2          | 0        | 1,0                                  |
| 43 110      | groß      | 0          | 21          | 2          | 0        | 1,1                                  |
| 43 114      | groß      | 0          | 11          | 4          | 1        | 1,4                                  |
| Summe in %  | groß      | 1<br>0,8   | 101<br>85,6 | 15<br>12,7 | 1<br>0,8 | 1,16 (b)                             |

Vergleich a/b: Gefundene Differenz 0,31; GD5% 0,26: signifikant.

einem sehr feuchten Jahr das Gegenteil: Nun zeigten die schwereren Rüben die relativ größten Zellen. Somit sind bei Trockenheit die kleinerzellig und bei guter Wasserversorgung die größerzellig veranlagten Rüben im Vorteil. Dem entspricht die alte Erfahrung, daß unter den Bedingungen selektiert werden muß, für die gezüchtet wird. Statt „kleinzellig oder großzellig veranlagt“ kann man auch sagen „mit einer schwachen oder mit einer starken Tendenz zur Endopolyploidisierung ausgestattet“. Die Selektion auf eine gegenüber dem Populationsmittel schwache oder starke Tendenz zur Zellvergrößerung, d. h. zur Endopolyploidisierung, erscheint nicht so stark an die Außenbedingungen gebunden wie die Selektion auf das Rübengewicht. Wenn nämlich eine stark zur Endopolyploidisierung neigende Pflanze bei Trockenheit nur wenig endopolyploid wird, dann wird eine allgemein weniger dazu neigende Pflanze noch weniger oder überhaupt nicht endopolyploid werden. Dieses Verhältnis bleibt auch bei guter Wasserversorgung erhalten, wenn der Endopolyploidiegrad allgemein höher liegt.

Wenn sich die mittleren Zellvolumina um den Faktor vier unterscheiden können (Tab. 3) und dieser Unterschied auf einem Unterschied der Ploidiegrade beruht, dann enthalten die Populationen jeder meristematischen Ploidiestufe Pflanzen, deren vorherrschende Ploidiestufen sich um zwei Endomitoseschritte voneinander unterscheiden, nämlich:

meristematisch ergibt ausdifferenziert vorwiegend

|     |                          |
|-----|--------------------------|
| 2 x | 2 x . . . 4 x . . . 8 x  |
| 4 x | 4 x . . . 8 x . . . 16 x |

Soweit „diploide“ Pflanzen also vorwiegend oktoploid werden, besitzen sie in den meisten Blattzellen eine höhere Ploidiestufe als manche „tetraploiden“ Pflanzen.

KOLKUNOW (1930) rät, bei der Züchtung von Zuckerrüben für nicht extreme Bedingungen die „goldene Mitte“ der Zellgröße zu suchen. Diese Mitte, die der vorwiegenden Endotetraploidisierung entspringt, ist offenbar bei unseren diploiden Sorten schon verwirklicht: Auf dem Feld (in einem nicht zu

extremen Jahr und ohne künstliche Bewässerung) und im Gewächshaus dürften ungefähr 80—90% der diploiden Zuckerrüben im Mesophyll vorwiegend tetraploid sein. Das ergibt sich aus einer groben und vorläufigen Schätzung. Unter den gleichen Bedingungen werden aber meristematisch tetraploide Rüben im Mesophyll vorwiegend endooktoploid, machen also ebenfalls etwa einen Endomitoseschritt durch. Wenn nun die „goldene Mitte“ bei meristematisch Diploiden in der Gegend der Tetraploidie liegt: Warum sollte sie bei meristematisch Tetraploiden unbedingt woanders liegen? So erwägen ÅKERBERG und Mitarbeiter (1963), ob die Zellen nicht schon bei diploiden Rüben so groß sind, daß tetraploide Rüben wegen ihrer zu großen Zellen weniger leisten. Für diploide Kulturpflanzen allgemein, die künstlich tetraploid gemacht worden sind, ist diese Vermutung schon von SCHWANITZ (1951, 1953) ausgesprochen worden. Nur hat sich die Möglichkeit eröffnet, bewußt gegen die Endopolyploidisierung auszulesen. Ob tetraploid bleibende tetraploide Zuckerrüben tatsächlich im Durchschnitt der Jahre unter unseren Bedingungen mehr leisten als endooktoploid werdende, kann nur der Versuch entscheiden. Die erstrebten Tetraploiden, die in unseren Populationen schon zu einigen wenigen Prozent vorhanden sind, unterscheiden sich in der Ploidiestufe des Mesophylls praktisch nicht mehr von der Masse der meristematisch Diploiden, während sie doch die genetischen Vorteile der Tetraploiden (das vierfache Vorhandensein jedes Locus in der Zygote, deshalb mehr Kombinationsmöglichkeiten und eine mögliche höhere Heterozygotie in der Population) besitzen. Bereits SCHWANITZ (1951) empfiehlt, übermäßige Zellgrößen von Polyploiden durch Selektion zu „normalisieren“, um aus den genetischen Vorteilen der Polyploidie unbelastet von dem genannten Nachteil Nutzen ziehen zu können. Eine Selektion nach der Schließzellengröße allerdings ändert die Endopolyploidie nicht und hat deshalb wenig Sinn. Sie könnte allenfalls die Grundgröße der Zellen herabsetzen; dies fiele aber gegenüber der unverändert starken Vergrößerung durch die Endopolyploidisierung wenig ins Gewicht. Andererseits spricht die gute Leistung von Triploiden dafür, daß zumindest eine mäßige Erhöhung der Ploidiestufe in den Mesophyllzellen über die Tetraploidie hinaus nicht schädlich sein muß, denn Triploide werden vorwiegend endohexaploid. Dieser Umstand erinnert daran, daß Zellgröße und Endopolyploidiegrad nur Ausschnitte darstellen aus dem Faktorenkomplex, der zu einer bestimmten „Leistung“ führt, und daß es vieler weiterer Untersuchungen bedarf, die Bedeutung der herausgegriffenen Faktoren richtig beurteilen zu können.

Lehrreich wären in diesem Zusammenhang Untersuchungen an natürlichen Polyploidenreihen. Die Mesophyllzellen von manchen polyploiden Angiospermen der freien Natur sind kaum größer als die ihrer diploiden Verwandten. Könnte nicht die natürliche Auslese bei diesen meristematisch Polyploiden gegen die Endopolyploidisierung gearbeitet und eine „Herabregulierung“ auf diese Weise zustande gebracht haben? Für Zuckerrüben besteht jedenfalls kein Zweifel, daß die starke Vergrößerung der Mesophyllzellen bei meristematisch Tetraploiden keine

notwendige Dauerfolge der Polyploidisierung ist. Ob aber die Nichtvergrößerung vorteilhafter wäre, das eben ist noch die Frage.

Frau INGEBORG ACKERMANN und Frau PADMA JOSHI, M. Sc., sowie weiteren Helfern danke ich für zuverlässige Mitarbeit.

### Zusammenfassung

1. Zwischen verschiedenen Zuckerrübenpflanzen der gleichen (diploiden oder tetraploiden) meristematischen Ploidiestufe können die mittleren Volumina der Mesophyllzellen unter gleichen Bedingungen zwischen Werten schwanken, die um den Faktor vier oder mehr auseinanderliegen. Die Unterschiede beruhen auf Unterschieden des erreichten Endopolyploidiegrads. Bestimmte meristematisch diploide Zuckerrüben können bestimmte meristematisch tetraploide Zuckerrüben in der vorherrschenden Ploidiestufe der Blätter unter gleichen Bedingungen erreichen oder übertreffen. In der Polyploidiezüchtung muß deshalb auch die Ploidiestufe der ausdifferenzierten Gewebe beachtet werden, die in den wenigsten Zellen mit der des Meristems übereinstimmt und die in keinem festen Verhältnis zu dieser steht.

2. Unter den meristematisch Diploiden war die Trockensubstanzproduktion der Wurzeln unter Trockenheitsbedingungen bei den extrem kleinzelligen (wenig endopolyploidisierten) Pflanzen um 40% größer als bei den extrem großzelligen (stark endopolyploidisierten) Pflanzen. Die Pflanzen einer mittleren Zellgröße zeigten eine mittlere Trockensubstanzproduktion. Meristematisch tetraploide Zuckerrüben ergaben keinen signifikanten Unterschied; die Tendenz war aber ähnlich wie bei den meristematisch Diploiden.

### Literatur

1. ÅKERBERG, E., S. BINGEFORS, A. JOSEFSSON, and S. ELLERSTRÖM: Induced polyploids as fodder crops. In: E. ÅKERBERG and A. HAGBERG (Ed.), Recent Plant Breeding Research. Svalöf 1946—1961, S. 125—149. Stockholm 1963. — 2. BOSEMARK, O.: Diskussionsbemerkung. Compte rendu 27<sup>e</sup> Congrès d'Hiver, Inst. Internat. Rech. Betteravières, Bruxelles, 392—393 (1964). — 3. BUTTERFASS, TH.: Das Verhalten der Chloroplastenzahlen in den Schließzellenpaaren von Zuckerrüben verschiedener Ploidiestufen vom Keimling bis zur blühenden Pflanze. Der Züchter 31, 62—71 (1961). — 4. BUTTERFASS, TH.: Die Abhängigkeit der Plastidenvermehrung von der Reproduktion der Erbsubstanz im Kern. Ber. dt. bot. Ges. 76, 123—134 (1963). — 5. BUTTERFASS, TH.: Die Chloroplastenzahlen in verschiedenartigen Zellen trisomer Zuckerrüben (*Beta vulgaris* L.). Z. Bot. 52, 46—77 (1964a). — 6. BUTTERFASS, TH.: Die Steigerung des Endopolyploidiegrads in Blättern von *Beta vulgaris* L. durch bessere Wasserversorgung. Ber. dt. bot. Ges. 77, 285—290 (1964b). — 7. DEMIR, I.: In Vorbereitung (1965). — 8. KOLKUNOW, W.: Einige Ergebnisse der Nachforschungen über die Zellengröße bei der Zuckerrübe. Z. Pflanzenzücht. 15, 87—99 (1930). — 9. ROMMEL, M.: Some cytogenetic properties of autotetraploid varieties of sugar-beet. Nature (London) 198, 1327—1328 (1963). — 10. ROMMEL, M.: Investigations in autotetraploid sugar beet. Compte rendu 27<sup>e</sup> Congrès d'Hiver, Inst. Internat. Rech. Betteravières, Bruxelles, 383—391 (1964). — 11. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. XII. Der Gigas-Charakter der Kulturpflanzen und seine Bedeutung für die Polyploidiezüchtung. Der Züchter 21, 65—75 (1951). — 12. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenese und Ontogenese. Der Züchter 23, 17—44 (1953). — 13. TSCHERMAR-WOESS, E.: Karyologische Pflanzenanatomie. Ein kritischer Überblick. Protoplasma (Wien) 46, 798—834 (1956).