

stenter Stämme, die aus diesen Populationen ausgelesen wurden.

Tabelle 3. *Blattroll-Feldresistenz der Neuzuchten, die aus Populationen mit einem unterschiedlichen Prozentanteil gesunder Pflanzen ausgelesen wurden (Versuchsort: Bernburg-Zeppig).*

| Anteil der gesunden Pflanzen im Populations-test | Summe | Anzahl der aus den entsprechenden Populationen ausgelesenen Klone mit | | | | | | | |
|--|-------|---|------|-------------------------------|------|--------------------------------|------|--------------------------------|------|
| | | 0—5 % Schwer-virus-kranken | | 5,1—15 % Schwer-virus-kranken | | 15,1—30 % Schwer-virus-kranken | | über 30 % Schwer-virus-kranken | |
| | | An-zahl | % | An-zahl | % | An-zahl | % | An-zahl | % |
| 20,1—34 | 21 | 7 | 33,3 | 7 | 33,3 | 3 | 14,3 | 4 | 19,1 |
| 10,0—20 | 17 | 2 | 11,8 | 5 | 29,4 | 4 | 23,5 | 6 | 35,3 |
| unter 10 | 20 | 1 | 5,0 | 1 | 5,0 | 2 | 10,0 | 16 | 80,0 |

Wenn man bedenkt, daß die abbauwiderstandsfähige Sorte Aquila, die ebenfalls in dieser Prüfung stand, nach zweijährigem Anbau 22,5% schwerviruskranke Stauden zeigt und die anfälligen Standardsorten 73—100% (vgl. Tab. 1), dann kann wohl mit Recht behauptet werden, daß die neu entwickelten Stämme eine höhere Resistenz besitzen als unsere derzeitige abbauwiderstandsfähigsten Sorten.

Wird also an Hand des Populationstestes festgestellt, daß ein gewisser Anteil feldresistenter Klone in der Kombination zu erwarten ist, dann kann zunächst im Zuchtbetrieb auf alle anderen gewünschten Merkmale selektiert und die den Ansprüchen genügenden Stämme können dann anschließend auf ihre Blattroll-Feldresistenz geprüft werden. Diese Resistenzprüfung kann entweder im Freiland oder zweckmäßigerweise zur Beschleunigung durch entsprechende künstliche Infektionsmethoden erfolgen.

Zusammenfassung

Bei den Züchtungsarbeiten zur Schaffung blattrollfeldresistenter Kartoffeln wurden bestimmte Kom-

binationen in starker Abbaulage einer Vorprüfung durch den sogenannten Populationstest unterzogen. Von jeder Kreuzung wurde je eine Knolle von 300 Sämlingen als Ramsch zwei Jahre spontanen Infektionsbedingungen ausgesetzt. Im 3. Jahr wurden diese Ramsche für die endgültige Auszählung und Auswertung am Zuchtort nachgebaut.

Der Anteil der nicht erkrankten Stauden schwankte in den Populationen zwischen 0 und 40%. Durch Anwendung dieser Methode konnte ohne großen Arbeitsaufwand festgestellt werden, welchen Wert die verwendeten Eltern für die Züchtung von blattrollfeldresistenten Kartoffelsorten haben. Gleichzeitig wurden die Kombinationen ermittelt, die den höchsten Anteil blattrollfeldresistenter Klone erwarten lassen.

Es hat sich ergeben, daß eine enge Beziehung besteht zwischen dem im Populationstest ermittelten Virusbesatz der Kombinationen und dem Anteil blattrollfeldresistenter Stämme, die aus diesen Populationen ausgelesen wurden.

Unter den geprüften Zuchtstämmen befinden sich Klone, die eine höhere Blattroll-Feldresistenz als unsere bekannten resistenten Sorten besitzen.

Literatur

- BAERECHE, M.-L.: Ergebnisse der Resistenzzüchtung gegen das Blattrollvirus der Kartoffel. *Ztschr. f. Pflanzenzücht.* 36, 395—411 (1956). — FEISTRITZER, W.: Möglichkeiten einer systematischen Resistenzzüchtung gegen die Abbaukrankheiten der Kartoffel. *Kühn-Archiv* 60, 347—357 (1944). — MÜLLER, K. O.: Neue Wege und Ziele in der Kartoffelzüchtung. *Beitr. z. Pflanzenzücht.* 8, 45—72 (1925). — MÜLLER, K. O.: Über die Abbauresistenz der Kartoffel und die Züchtung abbaufester Kartoffelsorten. *Ztschr. f. Pflanzenzücht.* 23, 1—19 (1939). — SCHICK, R.: Methoden und Probleme der Kartoffelzüchtung. *Sitzungsberichte DAL Berlin H. 29* (1957). — SEMSROTH, H.: 10 Jahre Ebstorfer Abbauprüfung. *Kartoffelwirtschaft, Sonderbeilage Nr. 33*, 8—10 (1949).

(Aus dem Botanischen Institut der Technischen Hochschule Darmstadt und der Zweigstelle Rosenhof des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung, Ladenburg am Neckar)

Assimilations- und Atmungsmessungen an diploiden und polyploiden Zuckerrüben*

Von DIETER BEYSEL

A. Einleitung

Die Entwicklung der Colchicin-Methode (BLAKESLEE und AVERY 1937) schuf die Voraussetzung, um auf verhältnismäßig einfache Weise künstlich polyploide Pflanzen herstellen zu können. Eine große Zahl vergleichender Untersuchungen an so geschaffenen Polyploiden und ihren diploiden Ausgangsformen liegen vor (FABERGÉ 1936, SCHLÖSSER 1936, 1940; HESSE 1938; GREIS 1940; PIRSCHLE 1940, 1941, 1942; GYÖRFFY 1941; KUHK 1943; JULÉN 1944; EHRENSBERGER 1948; SCHWANITZ 1948, 1949, 1950). Die Ergebnisse, zu denen die einzelnen Autoren bei den verschiedenen

Objekten kamen, sind oft widersprechend. Es ist daher vorläufig nicht möglich, allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten abzuleiten, nach denen die Eigenschaften Polyploider durch Genomvermehrung verändert werden.

Gemeinsam ist wohl allen künstlich erzeugten Polyploiden, daß mit der Vervielfachung des Chromosomensatzes die Zellgröße erhöht wird (KOSTOFF, GORBATSCHEVA und DIMITROFF 1943; SCHWANITZ 1950, 1951, 1953 u. a.), wobei der Vergrößerungsindex art- und sippenspezifisch verschieden ist (v. WETTSTEIN 1924). Die Zellvergrößerung kann sich auf die Organe polyploider Pflanzen auswirken (SCHWANITZ 1952; RÜDIGER 1953), so daß deren Gesamthabitus gegenüber diploiden Pflanzen oft verändert erscheint. Allgemeine Organvergrößerungen ergeben Gigaswuchs. Es können aber auch Organzahl und -form in verschiedener Stärke abgewandelt werden, woraus auf eine ungleiche

* Auszug aus der Dissertation, Darmstadt 1956. — Meinem verehrten Lehrer, Herrn Prof. Dr. O. STOCKER möchte ich für die Überlassung der Arbeit ebenso herzlich danken wie Herrn Prof. Dr. E. KNAPP für seine Anregungen und Unterstützungen, sowie die Bereitstellung des Saatgutes.

Reaktionsnorm der einzelnen Arten oder Linien einer Art gegenüber der Genomvermehrung geschlossen werden muß (SCHWANITZ 1953).

Die von BECKER (1931) und SCHLÖSSER (1936) aufgestellte Regel, nach der mit steigender Genomzahl der osmotische Wert abfällt, dürfte bei der größeren Variabilität polyploider Pflanzen (SCHIEMANN 1935; KOSTOFF 1939; GYÖRFFY 1941; LARSEN 1941) und der starken Abhängigkeit des osmotischen Wertes von Außenfaktoren nicht für alle polyploiden Pflanzen und Umweltbedingungen zutreffen (GYÖRFFY 1941; ANDERSSON 1943).

Keinesfalls zeichnen sich mittels Colchicinbehandlung hergestellte Pflanzen allgemein durch eine erhöhte Anpassungsfähigkeit oder sonstige Merkmale aus, die auf eine Leistungsverbesserung gegenüber der diploiden Ausgangsform schließen lassen. Das ist zunächst erstaunlich, weil eine ganze Reihe unserer bedeutendsten Kulturpflanzen polyploid sind (s. SCHIEMANN 1935; KOSTOFF 1943) und ökologische sowie pflanzengeographische Studien an natürlich vorkommenden, „alten“ Polyploiden auf eine gegenüber Diploiden höhere Anpassungsfähigkeit dieser Pflanzen hinweisen (TURESSON 1930; HAGERUP 1932, 1934, 1939; LÖVE 1942, 1944; TISCHLER 1934, 1936, 1937, 1939, 1942, 1946).

Auf Grund der von MELCHERS (1946) formulierten genphysiologischen Vorstellung ist es möglich, diesen Widerspruch im Verhalten „neuer“, künstlich erzeugter, und „alter“, im Laufe der Zeit aus dem natürlichen Selektionsvorgang entstandener polyploider Pflanzen zu erklären: Mit der Genomvermehrung ist eine Erhöhung der Zahl der Gene verbunden, welche Merkmale mit positivem Selektionswert bzw. Werteigenschaften bestimmen und deren Wirkung über die zweifache Quantität ansteigen kann. Gleichzeitig ist eine Vermehrung solcher Gene denkbar, die Merkmale mit negativem Selektionswert bzw. Werteigenschaften bestimmen. Die Vermehrung der Genomzahl führt dann zu einer Steigerung des Selektionswertes bzw. der Werteigenschaft, wenn eine günstige Genkombination vorliegt, bei der sich die Vermehrung der „fördernden“ Gene stärker auswirkt als die der „hemmenden“. Man geht bei der experimentellen Herstellung polyploider Pflanzen von zahlreichen Stämmen oder Linien aus, die in möglichst vielen Genen heterozygot sind (s. auch STRAUB 1946; MELCHERS 1946). Erst daran sich anschließende Selektionen und Neukombinationen versprechen, zu dem angestrebten Ziel zu führen.

In der Zuckerrübenzüchtung wurde als eine der ersten polyploiden Rassen die Sorte Polybeta entwickelt. Sie ist eine Mischung di-, tri- und tetraploider Pflanzen. Die Tetraploiden leiten sich von Pflanzen ab, die durch Colchicinbehandlung aus Diploiden entwickelt und durch mehrjährige Selektionen und Neukombinationen züchterisch bearbeitet wurden. Beim gemeinsamen Abblühen tetraploider und diploider Pflanzen kommt es zur wechselseitigen Befruchtung, wobei triploide Pflanzen entstehen. Seit 1951 werden mit der Sorte Polybeta Leistungsprüfungen in den verschiedenen Klimazonen der Bundesrepublik ausgeführt. Die Ergebnisse zeigen, daß die Ertragsleistung (Zuckerertrag in dz/ha) dieser Sorte die der besten diploiden Sorten erreicht oder diese, abhängig von klimatisch-regionalen Einflüssen, in Süddeutschland in nicht mehr zufallbedingter Häufigkeit übertrifft (BEYSEL 1956).

In der vorliegenden Arbeit sollen vergleichende Untersuchungen an züchterisch bearbeiteten und neucolchicinierter tetraploiden Zuckerrüben angestellt und die Auswirkung jahrelanger Züchtungsarbeit auf die Eigenschaften tetraploider Pflanzen geprüft werden. Darüber hinaus schien es von Interesse, die Eigenschaften der diploiden, triploiden und tetraploiden Komponenten der Sorte Polybeta vergleichend zu untersuchen.

Um zu einem tieferen Einblick in die Veränderungen der „Leistung“ beim Polyploidisieren zu gelangen, ist eine Analyse der einzelnen produktionsbestimmenden Prozesse notwendig. Unter ihnen kommen der photosynthetischen Assimilation und der Atmung eine besondere Bedeutung zu, und deshalb sind die folgenden Untersuchungen auf diese Vorgänge ausgerichtet.

Assimilations- und Atmungsmessungen an diploiden und polyploiden Rassen verschiedener Pflanzenarten liegen vor von LARSEN (1941, 1943), ANDERSSON (1943), STÄLFELT (1943), EKDAHL (1944), SCHWANITZ (1950) und STOUT (1954).

Da Frisch- und Trockengewicht der Blätter polyploider Pflanzen gegenüber dem diploiden in verschiedenem Maße und in verschiedener Richtung abgewandelt sein können, spielt es für das relative Verhältnis des Gasumsatzes eine Rolle, ob bei der Berechnung die Blattfläche, das Frisch- oder das Trockengewicht als Bezugsgröße gewählt werden.

LARSEN (1941, 1943) untersuchte Atmung und Assimilation bei Diploiden und Tetraploiden von *Solanum nodiflorum*. Er fand bei Tetraploiden durchschnittlich niedrigere Assimilationswerte pro Blattfläche als bei Diploiden, beobachtete aber bei Tetraploiden erheblich höhere Variabilität und stellte unter ihnen Typen fest, die wesentlich stärker als Diploide assimilierten. Die Atmung pro Blattfläche war bei den Tetraploiden niedriger als bei den Diploiden.

ANDERSSON (1943) beobachtete bei Tetraploiden von *Hordeum vulgare* pro Frisch- und Trockengewicht eine niedrigere Assimilationsintensität als bei Diploiden. Bei Wahl der Blattfläche als Bezugsgröße waren die Ergebnisse weniger deutlich. So betrug z. B. in den Versuchen des Jahres 1940 die Assimilationsintensität tetraploider Pflanzen ($2x = 100$) am 25. 6. 103%, am 27.—29. 6. 87% und am 15.—16. 7. 112%. Bei der geringen Zahl der Messungen läßt sich nicht entscheiden, inwieweit die Unterschiede zufallbedingt sind. Die Atmungsmessungen aus dem Jahre 1941 ergaben auf die Blattfläche oder das Trockengewicht bezogen bei Di- und Tetraploiden dieselben, auf das Frischgewicht bezogen bei Tetraploiden niedrigere Atmungswerte.

STÄLFELT (1943) fand bei tetraploiden Pflanzen von *Trifolium repens* und *Hordeum vulgare* niedrigere Assimilation und Atmung pro Frisch- und Trockengewicht, auf die Blattfläche bezogen jedoch praktisch keine Unterschiede zwischen Diploiden und Tetraploiden. Auch bei 14-, 21- und 35-chromosomigen Rassen von *Phleum nodosum* wurden — bezogen auf das Frischgewicht — niedrigere Assimilation und Atmung der Polyploiden festgestellt. Bei Wahl des Trockengewichtes als Bezugsgröße war die Assimilationsleistung 21- und 35-chromosomiger Pflanzen praktisch gleich der 14-chromosomiger Pflanzen, während ihre Atmung auch hier geringer war.

EKDAHL (1944) stellte an *Hordeum vulgare* und *Galeopsis pubescens* niedrigere Atmung und Assimilation

bei Tetraploiden — auf Frisch- oder Trockengewicht bezogen — fest. Bei Berechnung auf gleiche Blattfläche war die Assimilationsleistung etwa gleich groß oder höher als bei Diploiden.

STOUT (1954) bestimmte die Atmung an Gewebestücken des ausgewachsenen Rübenkörpers und fand bei polyploiden Zuckerrüben niedrigere Atmungswerte als bei diploiden.

Es ist aus den oben erwähnten Arbeiten, soweit es sich um Untersuchungen an künstlich erzeugten Polyploiden handelte, nicht ersichtlich, ob die Untersuchungen an neocolchiciniertem Material ausgeführt wurden, oder ob die Colchiciniierung bereits mehrere Jahre zurücklag. Bei den Atmungsmessungen von SCHWANITZ (1950) wurde offenbar die Nachkommenschaft mit Colchicin behandelter Pflanzen untersucht. Bei Diploiden und Tetraploiden von *Brassica rapa* und *Digitalis purpurea* war die Atmung gleicher Blattflächen praktisch nicht verschieden. Bei Umrechnung der Atmungswerte auf 1 g Trockensubstanz ergab sich eine gesichert niedrigere Atmung Tetraploider gegenüber Diploiden.

Zusammenfassend läßt sich feststellen, daß Assimilation und Atmung, bezogen auf Frisch- oder Trockengewicht, bei Diploiden höher waren als bei Polyploiden. Bei Berechnung auf gleiche Blattfläche konnten in der Mehrzahl der Untersuchungen keine gesicherten Unterschiede in Assimilation und Atmung zwischen Di- und Polyploiden aufgefunden werden.

B. Methodik

1. Versuchsanordnung

Die Untersuchungen wurden mit Hilfe einer im Botanischen Institut Darmstadt gebauten „Warburg-Apparatur“ bei einer Temperatur von 22° C ausgeführt. Eine genaue Beschreibung der Apparatur gab ENSGRABER (1954). Als Lichtquelle dienten bei den Assimilationsmessungen¹ im Jahre 1955 zunächst vier über der Apparatur fest angebrachte 200 Watt Osram-Glühlampen, die im Abstand von 5 cm über dem Wasserbad befestigt waren. Sie hielten in allen Reaktionsgefäßen unter Berücksichtigung der Hin- und Herbewegung der Gefäße während des Schüttelns eine Beleuchtungsstärke von etwa 13000 Lux aufrecht. Vorversuche hatten ergeben, daß diese Beleuchtungsstärke im beginnenden optimalen Bereich liegt, so daß sich Schwankungen der Beleuchtungsstärke von einigen Hundert Lux nicht mehr oder nur unbedeutend auf die Assimilationsintensität auswirkten. Aus methodischen und arbeitstechnischen Gründen erwies es sich im Laufe des Sommers 1955 als zweckmäßig, mit fünf Reaktionsgefäßen pro Versuch zu arbeiten. Die Lichtquelle wurde deshalb um eine weitere 200 Watt Lampe verstärkt. Bei den im Jahre 1954 an Trockenpflanzen ausgeführten Assimilationsmessungen dienten als Lichtquelle zwei 200 Watt Lampen. Die Beleuchtungsstärke betrug in den vier Reaktionsgefäßen 8000 bis 9000 Lux.

Am Boden des Gefäßes befanden sich 4 cm³ einer Natriumcarbonat-Natriumbicarbonatpufferlösung (Warburg-Puffer 7), die während des Versuches im Reaktionsgefäß eine CO₂-Konzentration von etwa 1,1 Vol. % aufrecht erhielt. Über der Pufferlösung saß ein Drahtnetz, auf dem das ausgestanzte Blattstück von 5,3 cm² Größe lag. Das mit einer Glasplatte aus gewöhnlichem Fensterglas abgedichtete und am Manometer befestigte Gefäß wurde so in die Apparatur eingehängt, daß über ihm zur Absorption der Wärmestrahlung eine 5 cm hohe Wasserschicht stand (vgl. ENSGRABER 1954). Nach etwa 5 Minuten wurde die Lichtquelle eingeschaltet und nach weiteren 5 bis 8 Minuten die Manometer geschlossen. Die Versuchsdauer betrug in der Regel 25 Minuten. Über

¹ Es wurde die apparente Assimilation, d. h. der Überschuß der absoluten Assimilation über die Atmung bestimmt.

Ablese, Auswertung und Umrechnung der in mm Brodie erhaltenen Werte entnehme man Einzelheiten bei ENSGRABER (1954) und LÖFFLER (1953).

Ähnlich war die Versuchsanordnung bei den Atmungsmessungen. Am Boden des Gefäßes befanden sich 4 cm³ einer n/10 KOH, auf dem Drahtnetz lagen zwei Blattstücke von je 13,8 cm² Größe. Die Gefäße waren verdunkelt und mit geschwärzten Glasplatten abgedichtet. Die Versuchsdauer betrug 40 bis 50 Minuten.

Bei der Auswahl des Blattmaterials für die einzelnen Versuchsserien wurde auf die Verwendung möglichst gleich alter und in gleicher Himmelsrichtung exponierter Blätter geachtet. Wenn nicht anders angegeben, wurden junge, eben zur ganzen Größe herangewachsene Blätter aus dem Inneren der Blattrosette benutzt. Bei den Atmungsmessungen wurden die Blätter kurz vor Versuchsbeginn abgeschnitten. Bei einem Teil der Assimilationsmessungen verfahren wir ebenso. Die auf diese Weise ermittelten Assimilationswerte wurden als „aktuelle“ Assimilation bezeichnet. In allen anderen Fällen wurde der Blattstiel des soeben abgeschnittenen Blattes sofort unter Wasser auf ein Drittel seiner Länge verkürzt und die Blätter in Wasser stehend unter einer Glasglocke an einem Nordfenster des Institutes für 24 Stunden aufgestellt. Wir bezeichnen den an diesen nahezu wassergesättigten Blättern ermittelten Assimilationswert als „potentielle“ Assimilation. Die Versuche beziehen sich im wesentlichen auf die „aktuelle“ Assimilation. Die „potentielle“ Assimilation wurde hauptsächlich herangezogen, um unter günstigen Wasserbedingungen der Umwelt ein Maximum der Wassersättigung des Blattgewebes zu erreichen.

Besondere Beachtung mußte den Spaltöffnungen geschenkt werden. Anfangs prüften wir immer, später nur noch stichprobenweise, vor Beginn und nach Beendigung eines jeden Versuchs die Spaltöffnungsweite. Sie war, wie erwartet, bei verschiedenen Tageszeiten und Witterungsbedingungen unterschiedlich. Obwohl für einen Versuch stets Blätter ausgewählt wurden, die nahezu gleiche Stellung zur Sonneneinstrahlung einnahmen, waren Abweichungen in der Spaltöffnungsweite nicht selten. Sie mögen zur Streuung der ermittelten Einzelwerte beigetragen haben, waren aber keinesfalls so groß, daß die ermittelten sortenspezifischen Unterschiede auf ihren Einfluß zurückgeführt werden könnten. Denn es zeigte sich, daß bei der relativ hohen CO₂-Konzentration in den Gefäßen graduelle Unterschiede in der Spaltöffnungsweite bei den einzelnen Blättern keine entscheidende Bedeutung für die Assimilationsintensität hatten.

2. Das Untersuchungsmaterial, seine Anzucht und Kultur

Für die Untersuchungen des Jahres 1954 standen folgende Sorten zur Verfügung: Die beiden diploiden Sorten Klein Wanzlebener N¹ und Klein Wanzlebener E¹ mit je 150 Pflanzen, die Klein Wanzlebener Polybeta, bestehend aus 2x-, 3x- und 4x-Pflanzen, mit 120 Pflanzen von jeder Ploidiestufe, und 150 diploide Pflanzen der Sorte Beta 242/53, sowie 120 tetraploide Pflanzen aus Saatgut am Rosenhof colchiciniert Mutterrüben der Sorte Beta 242/53. Bei allen Pflanzen der Sorte Polybeta und allen Tetraploiden der Sorte Beta 242/53 wurde der Chromosomensatz durch zytologische Untersuchung der Wurzelspitzen bestimmt.

Alle Sorten wurden am 19. und 20. März 1954 im Gewächshaus ausgesät, zur gleichen Zeit pikiert und

¹ Klein Wanzlebener N ist eine Zuckerrübensorte mit normalem Ertrag und Zuckergehalt. Klein Wanzlebener E liefert relativ hohe Rübenträge bei niedrigerem Zuckergehalt.

getopft und am 20. Mai 1954 auf dem Versuchsgelände des Botanischen Institutes ausgepflanzt.

Von jeder Sorte bzw. Ploidiestufe wurden Pflanzen auf ein Trockenbeet, ein Normalbeet und ein Feuchtbeet ausgepflanzt.

Das Trockenbeet bestand aus vier gleich großen, insgesamt 8 m langen, 1 m breiten und 2 m tiefen, betonierten (auch auf der Fußsohle) Kästen, die vor dem Einpflanzen mit trockner Erde gefüllt wurden. Der Wassergehalt der Erde betrug zur Zeit des Einpflanzens 4,2 bis 5,1% (auf Trockengewicht bezogen). Gegen Regen wurden die Beete durch 1,3 m über dem Boden schräg auf einem Holzgestell liegende und über den Rand der Beete vorstehende Glasfenster geschützt. Auf dem Normalbeet waren die Pflanzen den normalen Witterungsbedingungen ausgesetzt, während sie auf dem Feuchtbeet mittels gleichmäßig verteilter Beregner zusätzlich bewässert wurden.

Für die Assimilationsmessungen des Jahres 1955 stand folgendes Untersuchungsmaterial zur Verfügung: Die Klein Wanzlebener Polybeta mit je 100 diploiden, triploiden und tetraploiden Pflanzen, der cercosporaresistente diploide Zuchtstamm 205 mit 120 Pflanzen und 80 tetraploide Pflanzen aus Saatgut, das von colchicinierten Pflanzen des Zuchtstammes 205 geerntet wurde. Der Chromosomensatz aller Pflanzen der Sorte Polybeta und der Tetraploiden des Zuchtstammes 205 wurde durch zytologische Untersuchung der Wurzelspitzen bestimmt.

Die Pflanzen wurden am 25. März 1955 im Gewächshaus ausgesät, alle gleichzeitig pikiert und getopft und am 25. Mai 1955 auf dem Versuchsfeld der Zweigstelle Rosenhof des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung, Ladenburg ausgepflanzt. Alle Pflanzen waren während der gesamten Wachstumsperiode normalen Witterungsbedingungen ausgesetzt.

3. Fehlerrechnung

Um eine statistische Beurteilung der Versuchsergebnisse zu ermöglichen, wurden mehrere Versuche zu einer Gruppe zusammengefaßt. Die Streuung der ermittelten Einzelwerte war nicht unerheblich. Als Ursachen kommen in Frage: 1. Unterschiede zwischen verschiedenen Blättern derselben Pflanze. 2. Genetische und modifikative Unterschiede zwischen den Pflanzen einer Sorte bzw. einer Ploidiestufe. 3. Unterschiede bedingt durch die Versuchsanordnung.

Die Ursachen der intraindividuellen Variabilität sind in erster Linie in den Außeneinflüssen begründet, auf welche die einzelnen Blätter einer Pflanze verschieden reagieren können. Als weitere Ursache kommen natürliche Alterungsprozesse in Frage.

Um den Einfluß eines verschiedenen Alters von Blättern zu untersuchen, wurde die intraindividuelle Variabilität von fünf jungen, aber vollständig ausgewachsenen, unmittelbar aufeinanderfolgenden Blättern untersucht. Dabei ergaben sich bei einer durchschnittlichen Assimilationshöhe von $400 \text{ mm}^3 \text{ O}_2 / 5,3 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$ zwischen niedrigstem und höchstem aktuellen Assimilationswert folgende Differenzen: 28 bei einer 2x-Pflanze, 59 bei einer 3x-Pflanze und 53 bei einer 4x-Pflanze. Da in diesen Differenzen neben den Einflüssen des physiologischen Zustandes und der Altersunterschiede auch die durch die Versuchsanordnung bedingten Fehler enthalten sind, muß in unseren Versuchen, in denen auf die Auswahl gleichalter Blätter geachtet wurde, die durch intra-

individuelle Variabilität bedingte Streuung unter $60 \text{ mm}^3 \text{ O}_2 / 5,3 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$ bleiben, wenn es sich um Tri- oder Tetraploide handelt. Die wesentlich geringere Differenz von etwa $30 \text{ mm}^3 \text{ O}_2 / 5,3 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$ bei Diploiden ist möglicherweise darauf zurückzuführen, daß diploide Pflanzen in der Zeiteinheit mehr Blätter ausbilden als triploide und tetraploide Pflanzen; die Auswahl von fünf aufeinander folgenden Blättern stellt hier folglich einen engeren zeitlichen Ausschnitt dar als bei 3x- und 4x-Pflanzen.

Wenn man die intraindividuelle Variabilität über die gesamte Pflanze hinweg mißt, dann erhält man wesentlich höhere Beträge. So wurden bei Bestimmungen der potentiellen Assimilation, die durchschnittlich $400 \text{ mm}^3 \text{ O}_2 / 5,3 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$ betrug, bei einer diploiden Pflanze 44, bei einer triploiden 168 und bei einer tetraploiden Pflanze 120 als Differenz zwischen niedrigstem und höchstem Assimilationswert gefunden. Eine Erklärung für die bei der diploiden Pflanze geringere Differenz kann nicht gegeben werden, zumal es sich nur um eine Beobachtung handelt.

Untersuchungen über die Größe der interindividuellen Variabilität wurden in erster Linie bei Pflanzen des Zuchtstammes 205 angestellt, da bei ihnen die größte Streuung beobachtet wurde. Die interindividuelle Variabilität übertraf größenordnungsmäßig selten die intraindividuelle Variabilität. Nur an einigen bestimmten Pflanzen des Zuchtstammes 205 war es möglich, bei allen Versuchen unter verschiedenen Witterungsbedingungen Unterschiede in der Assimilationsleistung nachzuweisen. In weitaus den meisten Fällen gelang dies nicht. Die zweifellos bestehenden genetischen Unterschiede zwischen Pflanzen einer Sorte bzw. eines Zuchtstammes wirkten sich entweder nicht so stark auf die Assimilationsleistung aus, um erfaßt werden zu können, oder sie wurden durch die von verschiedenen Faktoren der Umweltbeeinflussung verursachte Streuung verdeckt.

Hinsichtlich der Fehlerquellen der Apparatur ist zu sagen: Die durch unterschiedliche Beleuchtungsstärke an den einzelnen Gefäßen verursachte Streuung erwies sich als unbedeutend, da wir mit 13000 Lux bereits im optimalen Bereich arbeiteten.

Was bisher über Streuungsfehler gesagt wurde, bezieht sich auf die Verhältnisse innerhalb ein und derselben Versuchsserie. Beim Vergleich zwischen mehreren Serien kann die Streuung sehr groß sein. Die Ursache ist in der Verschiedenheit der vorausgegangenen Witterungsbedingungen und der tageszeitlichen Probennahme, sowie Schwankungen in der Schüttelfrequenz der Apparatur zu suchen. Letztere lassen sich nie ganz vermeiden und wirken sich besonders bei den Assimilationsversuchen fördernd oder hemmend auf die Diffusion der Kohlensäure aus.

Die Fehlerrechnung wurde in folgender Weise gehandhabt: Bei den im Jahre 1954 und zu Beginn des Sommers 1955 angestellten Assimilationsversuchen waren in vier Reaktionsgefäßen jeweils zwei Blätter zweier Sorten verglichen worden, wobei die Verteilung der Blattstücke auf die einzelnen Gefäße rein zufällig erfolgt war. Nach Berechnung des Stichprobenfehlers der Differenz zwischen den beiden in mehreren Versuchsserien miteinander verglichenen Sorten bzw. Ploidiestufen wurde mittels t-Test geprüft, ob die gefundene Differenz zwischen den beiden Sorten bzw. Ploidiestufen mit der Nullhypothese übereinstimmte oder nicht. Nach Umstellung unserer Apparatur auf fünf Versuchsgefäße wurden in einer Versuchsserie

alle fünf Typen (Polybeta 2x, 3x, 4x und Zuchtstamm 205 2x und 4x) miteinander verglichen. Ihre Verteilung auf die Reaktionsgefäße in den einzelnen Versuchsserien, die entweder an einem Tag oder an zwei aufeinanderfolgenden Tagen zur gleichen Tageszeit ausgeführt wurde, erfolgte nach Art eines „lateinischen Quadrates“. Die Versuchsergebnisse wurden varianzanalytisch ausgewertet.

Bei den Atmungsmessungen im Jahre 1954 konnten in einem Versuch vier bis sechs Reaktionsgefäße verwendet werden. Auf diese Weise war es möglich, gleichzeitig mehrere Blätter zweier Sorten oder Blätter der drei Ploidiestufen der Sorte Polybeta miteinander zu vergleichen.

4. Bezugssysteme

Bei den Assimilationsversuchen wird die O_2 -Abgabe in $mm^3/5,3 cm^2 \times Std.$, bei den Atmungsmessungen die O_2 -Aufnahme in $mm^3/27,6 cm^2 \times Std.$ angegeben. Wegen des einseitigen Lichtgenusses der Blätter ist der Berechnung der Assimilationswerte die halbe Blattfläche zu Grunde gelegt. Um einen Vergleich mit dem Gasumsatz bei der Atmung zu ermöglichen, sind die Atmungswerte ebenfalls auf die halbe Blattoberfläche berechnet worden.

Berücksichtigt man, daß Frischgewicht, Trockengewicht und Wassergehalt pro Flächeneinheit bei diploiden, triploiden und tetraploiden Blättern verschieden sind, dann verschiebt sich das Verhältnis der Assimilations- bzw. Atmungsgrößen zueinander, je nach der als Bezugssystem gewählten Größe. Ein Beispiel hierfür gibt die Tabelle 1. Das Frischgewicht der Blätter pro Flächeneinheit nimmt von diploiden über triploide zu tetraploiden Pflanzen zu. Folglich erhöhen sich die Unterschiede zwischen diploiden und triploiden Pflanzen, sie verringern sich aber zwischen diploiden und tetraploiden bzw. triploiden und tetraploiden Pflanzen (Tabelle 1). Ähnliches gilt, wenn man die Atmungsintensität auf den Wassergehalt der Blätter pro Flächeneinheit bezieht. Das Trockengewicht der Blätter pro Flächeneinheit nimmt von Diploiden über Triploide zu Tetraploiden hin ab. Kalkuliert man diese Abnahme bei Berechnung der Atmungsgröße ein, dann verringern sich die Unterschiede zwischen 2x- und 3x-Pflanzen, sie erhöhen sich aber zwischen 2x- und 4x- bzw. 3x- und 4x-Pflanzen.

Tabelle 1. Umrechnung der auf gleiche, einseitige Fläche bezogenen mittleren Atmungswerte auf gleiches Frischgewicht, Trockengewicht und Wassergehalt.

| Sorte | Blattfläche | Frischgewicht | Trockengewicht | Wassergehalt |
|-------------|-------------|---------------|----------------|--------------|
| Polybeta 2x | 217 | 217 | 217 | 217 |
| Polybeta 3x | 196 | 194 | 204 | 192 |
| Polybeta 4x | 231 | 221 | 246 | 218 |

C. Ergebnisse

1. Assimilationsmessungen

a) Verhalten bei guter Wasserversorgung. Die ersten Untersuchungen des Jahres 1955 waren Bestimmungen der aktuellen Assimilation und wurden im Laufe des Monats Juni in einer feucht-warmen Witterungsperiode ausgeführt (Tab. 2). Allein am 8. und 9. Juni fielen insgesamt 53 mm Regen. Der Boden war stark durchfeuchtet; eine am 22. 6. 55 in 20 cm Tiefe entnommene Bodenprobe ergab einen Wassergehalt von

12,8% (auf Trockengewicht bezogen). Der Himmel war meist bedeckt, bei gelegentlichen Aufheiterungen war es sehr schwül.

Tabelle 2. Bestimmungen der aktuellen Assimilation bei feuchter Witterung.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | Datum | Zahl der Messungen | M ¹ | σ^2 |
|-----------------------|------------|--------------------|----------------|------------|
| Zuchtst. 205 2x | 7.-15. 6. | 18 | 390,1 | 68 |
| Zuchtst. 205 4x | | 18 | 395,0 | 406 |
| Polybeta 2x | 10.-15. 6. | 16 | 410,6 | 177 |
| Polybeta 4x | | 16 | 408,6 | 277 |
| Polybeta 3x | 15.-22. 6. | 16 | 400 | 302 |
| Polybeta 4x | | 16 | 411 | 185 |

¹ Die Dimension aller Assimilationswerte ist $mm^3 O_2/5,3 cm^2 \times Std.$

Die an diploiden und tetraploiden Blättern gefundenen Einzelwerte ergaben fast gleiche Mittelwerte. Auffallend war, besonders bei dem Zuchtstamm 205, die größere Varianz der Tetraploiden gegenüber den Diploiden. Bei den vergleichenden Assimilationsmessungen an triploiden und tetraploiden Pflanzen der Sorte Polybeta wurde zwar eine durchschnittlich höhere Assimilationsleistung Tetraploider festgestellt, die Unterschiede waren jedoch statistisch nicht zu sichern.

Anfang Juli wurden Bestimmungen der potentiellen Assimilation ausgeführt. Auch dieser Monat war durch reiche Niederschläge gekennzeichnet. Der Wassergehalt des Bodens, an Proben aus 20 cm Tiefe bestimmt, war zur Zeit der in Tabelle 3 aufgeführten Versuche 12,8% hoch (auf Trockengewicht bezogen).

Tabelle 3. Potentielle Assimilation aus der Zeit vom 30. 6.—9. 7. 1955.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | Zahl der Messungen | M | σ^2 | t | P % | Sicherung |
|-----------------------|--------------------|-----|------------|------|-----|---------------|
| Polybeta 2x | 4 | 395 | 78 | 2,7 | 5 | signifikant |
| Polybeta 3x | 4 | 412 | 43 | | | |
| Polybeta 3x | 8 | 409 | 239 | 1,49 | — | nicht signif. |
| Polybeta 4x | 8 | 423 | 391 | | | |
| Polybeta 2x | 10 | 403 | 298 | 3,5 | 1 | sehr signif. |
| Polybeta 4x | 10 | 431 | 296 | | | |
| Zuchtst. 205 2x | 24 | 409 | 209 | — | — | nicht signif. |
| Zuchtst. 205 4x | 24 | 411 | 505 | | | |

Bei Pflanzen der Sorte Polybeta ergab die statistische Auswertung der vergleichenden Messungen an Diploiden und Triploiden signifikant höhere potentielle Assimilationswerte bei Triploiden. Bei Tetraploiden wurden gegenüber Diploiden und Triploiden höhere Assimilationswerte gefunden, wobei die Unterschiede zwischen Tetraploiden und Diploiden sehr signifikant, zwischen Tetraploiden und Triploiden jedoch nicht zu sichern waren. Beim Zuchtstamm 205 konnten signifikante Unterschiede zwischen Diploiden und Tetraploiden nicht festgestellt werden.

Mitte Juli wurde, wie bereits erwähnt, durch Anbringen einer 5. Glühbirne die Möglichkeit geschaffen, mit fünf Reaktionsgefäßen zu arbeiten und so innerhalb einer einzigen Serie alle fünf Typen zu vergleichen.

Diese Versuche, für die Tab. 4 ein Beispiel gibt, zeigten erneut bei der Sorte Polybeta eine durchschnittlich höhere potentielle Assimilation tetraploider Pflanzen gegenüber diploiden und triploiden. Allerdings waren nur die Unterschiede zwischen Triploiden und Tetraploiden signifikant (Tabelle 4). Abweichend von den in Tabelle 3 angegebenen Versuchsergebnissen wurde hier eine höhere potentielle Assimilation Diploider gegenüber Triploiden festgestellt. Die durchschnittliche potentielle Assimilation bei Tetraploiden des Zuchtstammes 205 war, wenn auch nicht gesichert, erheblich niedriger als die Diploider.

Tabelle 4. Potentielle Assimilation, bestimmt am 16.7.55.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | M ¹ | t | P % | Sicherung |
|-----------------------|----------------|---------------------------|-----|-------------------|
| Polybeta 2x | 426 | 2x/3x: 1,34 | — | nicht signifikant |
| Polybeta 3x | 400 | 3x/4x: 2,58 | 2 | signifikant |
| Polybeta 4x | 450 | 2x/4x: 1,24 | — | nicht signifikant |
| Zuchtst.205 2x | 433 | Z. 205: 2x/4x: 1,91 | 10 | nicht signifikant |
| Zuchtst.205 4x | 396 | Z. 205 4x/Polyb. 4x: 2,78 | 1,2 | signifikant |

¹ Die Mittelwerte dieser varianzanalytisch ausgewerteten Versuche wurden aus 5 Messungen berechnet.

b) Verhalten bei angespannter Wasserversorgung. Mit dem 23. 6. 55 setzte eine Schönwetterperiode ein, die bei hohen Tagestemperaturen und starker Sonneneinstrahlung eine zunehmende Austrocknung des Bodens zur Folge hatte. Obwohl am 27. 6. der Wassergehalt des Bodens in 20 cm Tiefe noch 11,7% (auf das Trockengewicht bezogen) betrug, wirkte sich die veränderte Wetterlage deutlich auf die relative Assimilationsintensität aus. Die Ergebnisse der vom 23.—27. 6. 55 ausgeführten Bestimmungen der aktuellen Assimilation zeigt Tabelle 5. Diploide Pflanzen des Zuchtstammes 205 und der Sorte Polybeta waren tetraploiden Pflanzen signifikant überlegen.

Tabelle 5. Ergebnis aktueller Assimilationsmessungen bei angespannter Wasserversorgung. 23.—27. 6. 55.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | Zahl der Messungen | M | σ^2 | t | P % | Sicherung |
|-----------------------|--------------------|-------|------------|------|-----|------------------|
| Zuchtst.205 2x | 10 | 380,0 | 93 | 3,55 | 1 | sehr signifikant |
| Zuchtst.205 4x | 10 | 356,6 | 348 | | | |
| Polybeta 2x | 14 | 377,5 | 104 | 6 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 14 | 355,5 | 243 | | | |

Als am 20. 8. 55 erneut eine Trockenperiode einsetzte, konnten weitere Bestimmungen der aktuellen Assimilation an allen fünf Typen vorgenommen werden. Als Beispiel gibt Tabelle 6 das Ergebnis von Messungen am 23. und 24. 8. 55 wieder.

Tabelle 6. Mittlere aktuelle Assimilationswerte bei angespannter Wasserversorgung. 23.—24. 8. 1955.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | M | t | P % | Sicherung |
|-----------------------|-----|---------------------|-----|-------------------|
| Polybeta 2x | 383 | 2x/3x: 2,28 | 5 | signifikant |
| Polybeta 3x | 420 | 3x/4x: 4,37 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 355 | 2x/4x: 1,74 | 10 | nicht signifikant |
| Zuchtst.205 2x | 385 | Z. 205: 2x/4x: 1,73 | 10 | nicht signifikant |
| Zuchtst.205 4x | 356 | | | |

Die höchsten aktuellen Assimilationswerte wurden bei triploiden Pflanzen festgestellt. Die Unterschiede gegenüber diploiden Pflanzen waren signifikant, gegenüber tetraploiden sehr signifikant. Die bei der Sorte Polybeta und dem Zuchtstamm 205 beobachtete durchschnittlich niedrigere aktuelle Assimilation tetraploider Pflanzen im Vergleich zu diploiden war bei der geringen Anzahl der Messungen — die Mittelwerte wurden aus je fünf Einzelmessungen berechnet — statistisch nicht zu sichern.

In diesem Zusammenhang sind Bestimmungen der aktuellen Assimilation an im Jahre 1954 auf Trockenbeeten kultivierten Pflanzen von Interesse. In Tabelle 7 sind die Ergebnisse einiger Versuchsserien als Beispiel aufgeführt.

Bei diesen Trockenpflanzen fällt die sehr große Streuung auf. Sie dürfte darauf zurückzuführen sein, daß die Pflanzen unter außerordentlich scharfen Trockenbedingungen kultiviert wurden, an sonnigen Tagen oft welkten und sich erst nachts wieder erholten. Die Annahme, daß dabei die physiologischen Störungen von Blatt zu Blatt und von Pflanze zu Pflanze verschieden stark gewesen sind, liegt nahe. Außerdem wuchsen die Pflanzen sehr langsam, so daß es mitunter sehr schwer war, annähernd gleich alte Blätter für die einzelnen Versuchsserien auszuwählen. Beide Faktoren mögen mit zur Erhöhung der Varianz beigetragen haben. Trotzdem waren die Unterschiede signifikant voneinander verschieden. Triploide Pflanzen zeigten eine deutlich höhere aktuelle Assimilation unter Trockenbedingungen als diploide und tetraploide Pflanzen. Die durchschnittlich niedrigste Assimilationsleistung unter Trockenbedingungen wurde bei tetraploiden Pflanzen festgestellt.

Tabelle 7. Ergebnis aktueller Assimilationsmessungen aus dem Jahre 1954 an Trockenpflanzen.

| Sorte | Zahl der Messungen | M | σ^2 | t | P % | Sicherung |
|-------------|--------------------|-----|------------|------|-----|------------------|
| Polybeta 2x | 17 | 242 | 318 | 3,72 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 3x | 19 | 293 | 726 | | | |
| Polybeta 3x | 8 | 270 | 327 | 3,62 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 8 | 232 | 455 | | | |
| Polybeta 2x | 6 | 247 | 280 | 3,82 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 6 | 199 | 512 | | | |

c) Verhalten bei ansteigender Bodenfeuchtigkeit nach vorausgegangener Trockenperiode. Als am 9. 7. 55 eine Schönwetterperiode einsetzte, stiegen die Tagestemperaturen bis über 25 Grad C. Trotz gelegentlicher Gewitterregen traten nachmittags größere Wasserdefizite in den Blättern auf. Dies äußerte sich in mehr oder weniger stark ausgeprägtem Welken der Pflanzen. Als am 20. 7. ein Gewitterregen 22,5 mm Niederschlag brachte, wurde am 21. 7. die aktuelle Assimilation bestimmt und aus den einzelnen Versuchsserien folgende Mittelwerte errechnet: Polybeta 2x: 395, Polybeta 3x: 421, Polybeta 4x: 382, Zuchtstamm 205 2x: 414 und Zuchtstamm 205 4x: 378. Trotz der hohen Bodenfeuchtigkeit ergab sich eine gegenüber diploiden Blättern signifikant und gegenüber tetraploiden sehr

signifikant höhere Assimilationsleistung triploider Blätter. Die bei der Sorte Polybeta im Vergleich zu Tetraploiden durchschnittlich höhere Assimilation Diploider war gering und nicht gesichert. Dasselbe galt für die bei Pflanzen des Zuchtstammes 205 gefundenen Mittelwerte. Dieses den unter angespannter Wasserversorgung aufgefundenen Verhältnissen entsprechende Ergebnis war zunächst überraschend. Die in der Folge durchgeführten Versuchsserien sollten aufklären, ob die Wasseraufnahme der Pflanzen über das Wurzelwerk zur Deckung des Wasserdefizits nach vorausgegangener Trockenperiode nicht rasch genug erfolgte, oder ob sich während einer Trockenperiode am Plasma irreversible Prozesse abspielten, welche die maximale Syntheseleistung der Pflanze beeinträchtigten. Zunächst konnte keine befriedigende Antwort gefunden werden. Die an den folgenden Tagen immer wieder einsetzenden Regenfälle führten zu einer starken Durchnässung des Bodens. Dies blieb nicht ohne Einfluß auf das relative Assimilationsverhältnis diploider, triploider und tetraploider Pflanzen. In einer Reihe von Versuchsserien, von denen Tabelle 8 drei Beispiele bringt, konnte zwar eine Annäherung der aktuellen Assimilationsintensität bei den einzelnen Ploidiestufen festgestellt werden, gesicherte Unterschiede waren jedoch nicht zu erfassen.

Tabelle 8. Mittelwerte von Bestimmungen der aktuellen Assimilation während einer feuchten Witterungsperiode nach vorausgegangener Trockenheit 30. 7.—15. 8. 1955.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | Mittelwerte aus Versuch Nr. | | |
|--------------------------|-----------------------------|---------|---------|
| | 239—243 | 247—251 | 252—256 |
| Polybeta 2x | 446 | 439 | 425 |
| Polybeta 3x | 434 | 414 | 422 |
| Polybeta 4x | 423 | 424 | 425 |
| Zuchtst. 205 2x | 430 | 423 | 420 |
| Zuchtst. 205 4x | 405 | 418 | 414 |

Zu ganz anderen Ergebnissen gelangten wir bei der Bestimmung der potentiellen Assimilation junger, sich noch in der Entwicklung befindender Blätter, die erst während der Feuchtperiode ausgebildet wurden (Tabelle 9). Dabei erfolgte die Auswahl der tetraploiden Pflanzen des Zuchtstammes 205 für die Versuche ausnahmsweise nicht zufällig. Vielmehr wurden bewußt solche Pflanzen herangezogen, die sich mehrmals als der Durchschnittsleistung der jeweiligen Versuchsserien überlegen erwiesen hatten.

Tabelle 9. Potentielle Assimilation junger, nach einer Trockenperiode ausgebildeter Blätter, bestimmt am 10. u. 11. 8.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | M | t | P % | Sicherung |
|--------------------------|-----|--------------|--------|----------------------|
| Polybeta 2x | 443 | 2x/3x: 0,459 | — | nicht signifikant |
| Polybeta 3x | 448 | 3x/4x: 2,02 | 5,1 | signifikant |
| Polybeta 4x | 470 | 2x/4x: 2,48 | 3,4 | signifikant |
| Zuchtst. 205 2x | 422 | 2x/4x: 1,83 | 10 | nicht signifikant |
| Zuchtst. 205 4x | 442 | | | signifikant |

In diesen Versuchen an jungen Blättern (Tabelle 9) konnten bei der Sorte Polybeta signifikant höhere potentielle Assimilationswerte bei Tetraploiden festgestellt werden. Die Unterschiede zwischen Diploiden und Triploiden waren gering und nicht statistisch zu sichern. Bemerkenswert war die in diesen Versuchs-

serien beobachtete höhere potentielle Assimilation Tetraploider gegenüber Diploiden bei Pflanzen des Zuchtstammes 205. Allerdings waren die Unterschiede nicht signifikant.

Aus weiteren Versuchsserien mit unter Feuchtbedingungen entwickelten jungen Blättern wurden folgende mittleren potentiellen Assimilationsleistungen ermittelt: Polybeta 2x: 457, Polybeta 3x: 452, Polybeta 4x: 476, Zuchtstamm 205 2x: 455 und Zuchtstamm 205 4x: 457. Auch in diesen Versuchen konnte eine höhere potentielle Assimilation bei Tetraploiden der Sorte Polybeta gegenüber Diploiden und Triploiden beobachtet werden. Infolge größerer Streuung waren die Unterschiede jedoch bei der verhältnismäßig kleinen Zahl der Messungen nicht zu sichern. Auch zwischen Diploiden und Triploiden der Sorte Polybeta und zwischen Diploiden und Tetraploiden des Zuchtstammes 205 konnten keine gesicherten Unterschiede erfaßt werden.

2. Atmungsmessung

Bei den 1954 ausgeführten Atmungsmessungen konnte, wie bei der Viskosität des Protoplasmas (BEYSEL 1957) und der Assimilation, beobachtet werden, daß sich das Verhältnis der Atmungsintensität bei 2x-, 3x- und 4x-Pflanzen unter verschiedenen Umweltbedingungen veränderte. Durch den Anbau von Pflanzen auf Trocken- und Feuchtbeeten wurde bis zu einem gewissen Grade eine größere Unabhängigkeit in der Versuchsanstellung von den durch Witterungseinflüsse bedingten Veränderungen erreicht. So war es möglich, eine größere Anzahl von Versuchen unter einigermaßen einheitlichen Außenbedingungen in Richtung einer angespannten oder guten Wasserversorgung durchzuführen, so daß statistisch genügend gesicherte Ergebnisse erlangt werden konnten.

a) Verhalten der auf bewässerten Beeten kultivierten Pflanzen. Als Beispiel der an Pflanzen der Sorte Polybeta ausgeführten Versuche sind die Ergebnisse der Atmungsmessungen aus der ersten Julihälfte in Tabelle 10 zusammengestellt. Zur Zeit der Versuche herrschte regnerisches, kühles Wetter. Die Bodenfeuchtigkeit betrug in 15 cm Tiefe 15,3% (auf Trockengewicht bezogen.)

Tabelle 10. Atmungswerte bewässelter Versuchspflanzen bei regnerisch-kühlem Wetter.

| Sorte | Zahl der Messungen | M ¹ | t | P % | Sicherung |
|-------------|-----------------------|----------------|-------------|--------|----------------------|
| Polybeta 2x | 20 | 217 | 2x/3x: 2,62 | 5 | signifikant |
| Polybeta 3x | 29 | 196 | 3x/4x: 4,38 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 21 | 231 | 2x/4x: 1,75 | — | nicht signifikant |

¹ Die Dimension aller Atmungswerte ist mm³ O₂/27,6 cm² × Std

Die Atmungsintensität diploider Pflanzen war niedriger als die tetraploider. Erheblich unter beiden lagen die Triploiden, wobei die Unterschiede zwischen 2x- und 3x-Pflanzen signifikant und die zwischen 3x- und 4x-Pflanzen sehr signifikant waren. Die Unterschiede zwischen 2x- und 4x-Pflanzen dagegen konnten nicht statistisch gesichert werden.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangten wir während einer Regenperiode in einer Reihe von Versuchsserien zwischen dem 10. und 19. 8. 54. Allerdings

waren bei diesen Untersuchungen die für 2x- und 3x-Blätter errechneten Mittelwerte (16 und 18 Messungen) so stark genähert, daß eine statistische Sicherung nicht möglich war. Dagegen war jetzt die mittlere Atmungsintensität der diploiden Blätter (16 Messungen) signifikant niedriger als die der tetraploiden. Die Unterschiede zwischen Triploiden und Tetraploiden waren, wie in Tabelle 10, sehr signifikant.

Die Atmungsintensität der diploiden und polyploiden Pflanzen wird nicht allein von dem Wassergehalt des Bodens bestimmt, sondern ist auch von der Temperatur und Trockenheit der Atmosphäre beeinflusst. Das zeigten Atmungsmessungen an bewässerten Pflanzen der Sorte Polybeta während warmer und sonniger Tage vom 25. 8. bis 5. 9. 54. Dabei wurden folgende Mittelwerte gefunden: Für Diploide aus 13 Einzelmessungen 223, für Triploide aus 28 Einzelbestimmungen 226 und für Tetraploide aus 25 Einzelbestimmungen 204. Wenn auch die Unterschiede in keinem Falle gesichert sind, so ist doch die Annäherung der Atmungsintensität der Triploiden an die der Diploiden und Tetraploiden unverkennbar. Sie weist auf die Wirkung einer Verschlechterung des Wasserzustandes hin, die hier durch die erhöhte Transpiration bewirkt wird und zeigt vermutlich die drei Ploidiestufen in verschiedenen Stadien der Reaktionsphase (vgl. S. 269).

Parallel zu den Versuchsserien an Pflanzen der Sorte Polybeta wurden an Diploiden und Tetraploiden der Sorte Beta 242/53 während regnerisch-kühlem Wetter Atmungsmessungen ausgeführt. Die Streuung der an 40 Blättern pro Ploidiestufe ermittelten Einzelwerte war jedoch so groß, daß eine statistische Sicherung der Unterschiede nicht möglich war. Die mittlere Atmungsintensität diploider Pflanzen betrug 223, die tetraploider 198. In einzelnen Fällen übertrafen die Atmungswerte tetraploider Pflanzen ganz erheblich die diploider. Inwieweit dies auf genetischen oder modifikativen Ursachen beruht, ist nicht zu entscheiden.

b) Verhalten der auf Trockenbeeten kultivierten Pflanzen. Da die Pflanzen verhältnismäßig scharfen Trockenbedingungen ausgesetzt waren, welkten sie oft nachmittags. Dabei wurde die als normale Dürrereaktion bekannte Atmungssteigerung beobachtet. Vergleichende Messungen an Pflanzen der einzelnen Ploidiestufen führten zu keinem Ergebnis, da die Schwankungen des Welkungsgrades von Pflanze zu Pflanze erheblich waren und infolgedessen die Atmungswerte außerordentlich streuten. Die nachstehend aufgeführten Atmungsmessungen wurden an Pflanzen ausgeführt, die zur Zeit der Blattentnahme keine Welkeerscheinungen aufwiesen (Tabelle 11).

Tabelle 11. Atmungswerte auf Trockenbeeten kultivierter Pflanzen, 7. 9.—21. 9. 1954.

| Sorte | Zahl der Messungen | M | t | P % | Sicherung |
|-------------|--------------------|-----|-------------|-----|------------------|
| Polybeta 2x | 14 | 220 | 2x/3x: 3,78 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 3x | 14 | 248 | 3x/4x: 6,5 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 14 | 202 | 2x/4x: 2,7 | 2 | signifikant |

Bei Trockenbedingungen standen die Triploiden in ihrer Atmungsintensität sehr signifikant über den Di-

ploiden und Tetraploiden; Diploide atmeten signifikant stärker als Tetraploide.

Bei weiteren Versuchsserien an Trockenpflanzen vom 25. bis 30. 8. 54 wurden entsprechende Verhältnisse aufgefunden, wenn auch die Unterschiede zwischen Diploiden und Tetraploiden nicht statistisch zu sichern waren. Die Atmungsintensität triploider Pflanzen war gegenüber diploiden und tetraploiden Pflanzen stets signifikant höher.

Bei vergleichenden Messungen an Trockenpflanzen der Sorten Klein Wanzlebener E und Klein Wanzlebener N wurden bei der Sorte Klein Wanzlebener E höhere Atmungswerte gefunden. Eine statistische Sicherung der Unterschiede war jedoch nicht möglich.

D. Diskussion

Die Untersuchungen haben zunächst eindringlich gezeigt, daß die Intensität der Assimilation und Atmung durch Umwelteinflüsse bei den verschiedenen Ploidiestufen in verschiedener Weise beeinflusst wird. So ist z. B. bei den Polybeta-Zuckerrüben das Assimilationsverhältnis (in $\text{mm}^3 \text{O}_2/5,3 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$) für 2x-:3x-:4x-Pflanzen in nahezu wassergesättigten Blättern wie 426:400:450 (Tabelle 4), in Trockenperioden aber 383:420:355 (Tabelle 6), wobei die Werte der beiden Reihen in ihrer absoluten Höhe nur bedingt vergleichbar sind. Die bei optimaler Wasserversorgung an der Spitze liegenden Tetraploiden fallen also bei Wassermangel tief zurück an die letzte Stelle.

Für die Atmung ($\text{mm}^3 \text{O}_2/27,6 \text{ cm}^2 \times \text{Std.}$) ist das Verhältnis für 2x-:3x-:4x-Pflanzen bei regnerisch kühlem Wetter wie 217:196:231 (Tabelle 10), bei Trockenpflanzen aber 220:248:202 (Tabelle 11). Es fällt auf, daß die Assimilations- und Atmungsintensität triploider Pflanzen unter Trockenbedingungen auch absolut erhöht zu sein scheint.

Die mit der Zahl der Genome verschieden starke Abhängigkeit der Assimilations- und Atmungshöhe von Umwelteinflüssen findet eine Parallele in der Viskosität des Protoplasmas (BEYSEL 1957): In einer feuchten Witterungsperiode wurden an Pflanzen der Sorte Polybeta folgende Plasmolysezeiten gemessen: 2x:3x:4x = 136':167':83'. Die bei Austrocknung des Bodens als Dürreeffekt eintretende Erhöhung der Plasmaviskosität (STOCKER 1956) war bei den einzelnen Ploidiestufen verschieden stark. Im Durchschnitt ging sie in einer Trockenperiode zu den Werten 305' bei Diploiden, 256' bei Triploiden und 320' bei Tetraploiden.

Untersuchungen an Pflanzen der polyploiden dänischen Zuckerrübensorte Maribo P ergaben, daß der bei Tetraploiden wesentlich stärkere Viskositätsanstieg eine nicht allein für Polybeta charakteristische Eigenschaft ist; bei Maribo P betrug der Viskositätsanstieg beim Übergang von feuchter Witterung zu Trockenheit bei Diploiden 153', bei Triploiden 92' und bei Tetraploiden 243'.

„Einen stärkeren modifizierenden Einfluß der Außenbedingungen auf die Osmotik der Tetraploiden“ stellte schon GYÖRFFY (1941) fest. So lag z. B. der osmotische Wert diploider Pflanzen von *Capsicum annuum* im Trockenklima um 1,13 Atm., der tetraploider Pflanzen um 1,58 Atm. höher als bei Feuchtkontrollen im Gewächshaus; bei Blättern von *Petunia nyctaginiiflora* betrug der Unterschied im osmotischen Wert zwischen Trockenpflanzen und feucht gehaltenen

tenen Gewächshauspflanzen bei Diploiden 3,56 Atm. und bei Tetraploiden 6,01 Atm. (GYÖRFFY 1941, S. 27, Tab. 10). Aus dem stärkeren Anstieg des osmotischen Wertes unter Trockenbedingungen schließt GYÖRFFY auf eine höhere Dürresistenz tetraploider Pflanzen. Doch wenn man die von uns festgestellte gleichzeitige starke Minderung des Assimilationsvermögens berücksichtigt, dann wird man von einer geringeren Dürresistenz der Tetraploiden sprechen und ihr Verhalten als Ausdruck höherer Empfindlichkeit gegenüber Trockenbedingungen auffassen müssen.

Vergleicht man das Verhältnis von Assimilation und Atmung bei guter Wasserversorgung und bei Trockenheit, so entspricht bei Feuchtbedingungen der relativ höheren Assimilation der Tetraploiden der Sorte Polybeta auch eine relativ höhere Atmung und umgekehrt unter Trockenbedingungen der relativ geringeren Assimilation auch eine relativ niedere Atmung. Diese Feststellung bezieht sich auf Pflanzen in der Restitutionsphase des Dürreeffektes (STOCKER 1956), d. h. auf Pflanzen, die sich auf konstante Umweltbedingungen eingestellt haben, also auf Feuchtpflanzen bei Bewässerung während kühler und regnerischer Witterung und auf Trockenpflanzen in Trockenkulturen oder Trockenperioden. Während der Reaktionsphase (STOCKER 1956), die bei laufend abnehmendem Wassergehalt und abfallender Assimilationsleistung als normale Dürreaktion einen Anstieg der Atmung zur Folge hat, trat ein gegensinniger Verlauf der beiden Prozesse ein. Wenn z. B. bei Feuchtpflanzen an Tagen mit intensiver Sonneneinstrahlung selbst bei reichlichem Wassergehalt des Bodens ein Welken der Blätter eintrat, so dürften die dann ausgeführten Messungen in die Reaktionsphase des Dürreeffektes fallen und das ungewöhnliche Verhältnis der Atmungsintensitäten bei $2x:3x:4x = 223:226:204$ (Seite 268) auf den verschieden schnellen Ablauf der Reaktionsphase bei den drei Ploidiestufen zurückzuführen sein.

Die bei reicher Wasserversorgung im Vergleich zu Diploiden und Triploiden höheren Atmungswerte Tetraploider deuten bei gleichzeitig höherer Assimilation und dem damit höheren Zuckerangebot auf einen lebhafteren Stoffwechsel hin.

Daß von SIMONIS (1951, 1952) bei einer Reihe anderer Objekte eine Korrelation zwischen Wassergehalt der Blätter und Atmungsgröße nachgewiesen wurde, wirft die Frage auf, ob die bei gesicherter Wasserversorgung im Vergleich zu Diploiden und Triploiden höhere Atmung der Tetraploiden auf einem höheren Wassergehalt pro Flächeneinheit der Blätter beruht. Wie Tabelle 12 zeigt, war zwar der Wassergehalt tetraploider Blätter bei Feuchtkultur höher als der di- und triploider, daß er in unserem Falle eine Rolle spielt, erscheint wenig wahrscheinlich. Denn auch bei den neucolchicinierten Tetraploiden der Sorte Beta 242/53 war der Wassergehalt pro Flächeneinheit gegenüber der diploiden Ausgangsform erhöht und dennoch wurde keine höhere Atmung festgestellt.

Wir führen, wie gesagt, die relativ höhere Atmung tetraploider Pflanzen der Sorte Polybeta in erster Linie auf die bei reicher Wasserversorgung ebenfalls höhere Assimilation zurück und sehen sie als Ausdruck lebhafteren Stoffwechsels an. Entsprechend betrachten wir die im Vergleich zu Diploiden und Tetraploiden höhere Atmung und Assimilation triploider Trockenpflanzen als Ausdruck einer höheren Stoffwechsel-

aktivität und vermuten eine relativ höhere Dürresistenz dieser Pflanzen. Auch von STOCKER, REHM und SCHMIDT (1947) konnte als Charakteristikum für dürresistente Zuckerrüben eine infolge stabileren Wasserhaushaltes höhere Assimilation unter Trockenbedingungen erkannt werden. Zwar wurde der Wasserhaushalt in den vorliegenden Untersuchungen nicht geprüft, der geringe Viskositätsanstieg triploider Pflanzen bei zunehmender Austrocknung des Bodens weist jedoch auf eine bessere Regelung desselben hin.

Tabelle 12. Relativer Wassergehalt pro Flächeneinheit, bestimmt an je 14 Blättern von Feuchtpflanzen.

| Sorte bzw. Zuchtstamm | | Wassergehalt |
|-----------------------|----|--------------|
| Polybeta | 2x | 100 |
| Polybeta | 3x | 102 |
| Polybeta | 4x | 106 |
| Zuchtst. 205 | 2x | 100 |
| Zuchtst. 205 | 4x | 106 |

Abweichend von den Befunden an züchterisch bearbeiteten Tetraploiden der Sorte Polybeta scheint das Ergebnis bei neucolchicinierten Tetraploiden der Sorte Beta 242/53 und des Zuchtstammes 205 zu sein.

Im Jahre 1954 konnten bei Atmungsmessungen an Feuchtpflanzen während feucht-kühler Witterung keine gesicherten Unterschiede zwischen Diploiden und Tetraploiden der Sorte Beta 242/53 erfaßt werden. Ebenso ergaben die Bestimmungen der potentiellen Assimilation an Tetraploiden des Zuchtstammes 205 im Durchschnitt keine höhere Leistung als bei der diploiden Ausgangsform. Versuche über den Einfluß der interindividuellen Variabilität zeigten jedoch, daß auch unter frisch colchicinierten Zuckerrüben Pflanzen vorhanden sind, deren potentielle Assimilation größer als die der diploiden ist. Dies spricht dafür, daß zwischen frisch colchicinierten und durchgezüchteten Tetraploiden in der Assimilationsintensität keine grundsätzlichen Unterschiede bestehen. Bei der Sorte Polybeta kann die gegenüber diploiden Individuen durchschnittlich höhere potentielle Assimilation tetraploider Pflanzen auf die alljährliche Selektion der durch Neukombination geschaffenen günstigen Typen zurückgeführt werden.

Auch LARSEN (1941) beobachtete unter Tetraploiden von *Solanum nodiflorum* Pflanzen, die in ihrer Assimilationsintensität Diploide übertrafen und auch in morphologischen Eigenschaften von anderen Tetraploiden unterscheidbar waren.

RASMUSSEN (1953) fand bei seinen Untersuchungen über die Ertragsleistung diploider und autotetraploider Zuckerrüben an Tetraploiden der ersten (c_1) und zweiten (c_2) Generation nach der Colchiciniierung geringere Vitalität und Leistungsfähigkeit gegenüber einem zum Vergleich herangezogenen diploiden Standardtyp. Bei der c_3 - bis c_5 -Generation bzw. c_5 - bis c_6 -Generation stellte er dann, ohne daß eine züchterische Auslese stattgefunden hätte, verbesserte Ertragsleistungen in einigen Fällen bis zur Leistung der Diploiden fest. Die geringe Vitalität und Leistung der ersten Generationen wird auf eine Störung des genischen Gleichgewichtes infolge der Polyploidisierung zurückgeführt und die Leistungsverbesserung als Folge eines natürlichen, die gestörten Gameten, Embryonen und Sämlinge eliminierenden Selektionsprozesses angesehen.

Entgegen früheren Annahmen (SCHWANITZ 1950, 1951, 1953) kann die erhöhte Zellgröße und die damit verbundene Verschlechterung der Oberflächenverhältnisse allein für die Verlangsamung der Stoffwechselfvorgänge von Gigaspflanzen nicht verantwortlich gemacht werden (SCHWANITZ 1955). Die vorliegenden Ergebnisse zeigen dies ebenfalls eindeutig. Bei den untersuchten Zuckerrüben wächst die Größe der Epidermiszellen kontinuierlich mit der Zahl der Genome (Tabelle 13); die Triploiden nehmen eine Mittelstellung zwischen diploiden und tetraploiden Zuckerrüben ein. In ihrem physiologischen Verhalten stehen sie jedoch außerhalb dieser Reihe. Ebenso konnte bei tetraploiden Zuckerrüben gezeigt werden, daß sie trotz der erhöhten Zellgröße in ihrer potentiellen Assimilationsleistung und Atmungsintensität diploide Zuckerrüben unter bestimmten Bedingungen übertreffen. Die verschiedenen Eigenschaften diploider, triploider und tetraploider Zuckerrüben müssen neben den veränderten Oberflächenverhältnissen, noch auf anderen Ursachen beruhen als auf anatomisch-morphologischen Unterschieden.

Tabelle 13. Die Zellgröße, gemessen an der Zahl der Zellen pro mm^2 , von Pflanzen der Sorte Polybeta und des Zuchtstammes 205 (Mittelwerte aus je 90 Messungen an je 30 Blättern).

| Sorte bzw. Zuchtstamm | Zahl der Epidermiszellen pro 1 qm | t | P % | Sicherung |
|-----------------------|---|-------------|-----|------------------|
| Polybeta 2x | 67 | 2x/3x: 5,49 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 3x | 50 | 2x/4x: 7,9 | 1 | sehr signifikant |
| Polybeta 4x | 43 | 3x/4x: 2,3 | 5 | signifikant |
| Zuchtst. 205 2x | 76 | Z. 205 | 1 | sehr signifikant |
| Zuchtst. 205 4x | 55 | 2x/4x: 6,74 | | signifikant |

Für eine Erklärung der unter verschiedenen Bedingungen veränderten Assimilations- und Atmungsleistung di-, tri- und tetraploider Zuckerrüben können uns die Untersuchungen von WRICKE (1955) als Modellfall dienen. WRICKE beobachtete an diploiden und tetraploiden Pflanzen von *Arabidopsis thaliana* eine Abhängigkeit der Chlorophyllausbildung von der Gendosis. Bei Tetraploiden des Genotypes Cccc und CCCC konnten keine Unterschiede im Chlorophyllgehalt festgestellt werden, er war jedoch bei Pflanzen des Genotypes CCCc gesichert größer und fiel bei Homozygoten CCCC wieder ab. Entsprechend kann man sich vorstellen, daß für die untersuchten Zuckerrüben bei Vorliegen eines dreifachen Genoms eine bessere Anpassung an Trockenbedingungen gewährleistet ist als bei Diploiden, während mit dem Vorliegen eines vierfachen eine größere Empfindlichkeit gegenüber Trockenbedingungen verbunden ist. Allerdings untersuchte WRICKE die Wirkung verschiedener Quantitäten eines Locus, während unsere Versuche eine Analyse der Wirkung der gesamten Genome darstellen. Denn die unterschiedlichen Eigenschaften triploider und tetraploider Zuckerrüben werden zweifellos nicht auf der verschiedenen Dosis eines einzigen Genes beruhen. Es muß vielmehr mit dem Zusammenwirken verschiedener Faktoren bzw. Vorgänge gerechnet werden.

Eine Übertragung der im experimentellen Versuch im Laboratorium gefundenen Ergebnisse auf die Verhältnisse des Feldes ist nicht ohne weiteres möglich.

Es ist bekannt, daß die Pflanzen „unter natürlichen Verhältnissen nicht gleichmäßig assimilieren, sondern beträchtliche Schwankungen aufweisen. Man spricht von Hemmungen und Ermüdungen“ (STÄLFELT 1939). Schließlich können Tagesgang der Assimilation, Verlauf des Wasserhaushaltes, der Spaltöffnungsbewegung usw. bei den einzelnen Sorten verschieden sein (vgl. z. B. STOCKER, REHM und SCHMIDT 1943, STOCKER 1948). Untersuchungen über die Ertragsleistung diploider, triploider und tetraploider Zuckerrüben der Sorte Polybeta bei feldmäßigem Anbau, ausgeführt an der Zweigstelle Rosenhof des Max-Planck-Institutes für Züchtungsforschung, sind deshalb von besonderem Interesse. Sie ergaben ein mittleres Rübengewicht aus je 100 Pflanzen bei Diploiden von $0,972 \pm 0,055 \text{ kg}$, bei Triploiden von $1,060 \pm 0,053 \text{ kg}$ und bei Tetraploiden von $0,753 \pm 0,053 \text{ kg}$ (Zahlen unveröffentlicht, nach mündlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. E. Knapp). Diese Zahlen zeigen, daß sich die von uns analysierte größere Stabilität der Triploiden und ihre damit gegebene Assimilationsüberlegenheit unter Trockenbedingungen im Feldanbau als weitaus entscheidender erweist als die etwas höhere Assimilationsleistung der Tetraploiden bei optimalen Feuchtigkeitsbedingungen, die sich aus unseren physiologischen Analysen ableiten läßt.

E. Zusammenfassung

An di-, tri- und tetraploiden Zuckerrüben wurden mit der „Warburg-Apparatur“ Assimilations- und Atmungsmessungen ausgeführt. Als Untersuchungsmaterial standen die Sorten Polybeta, Klein Wanzlebener N, Klein Wanzlebener E, Beta 242/53 und der Zuchtstamm 205 zur Verfügung.

Die Reihenfolge der 2x-, 3x- und 4x-Pflanzen hinsichtlich der Intensität der Assimilation und der Atmung ist abhängig von den Umweltbedingungen vor und zur Zeit der Versuchsausführung.

Bestimmungen der aktuellen Assimilation (= augenblickliche Assimilationshöhe der kurz vor dem Versuch abgeschnittenen Blätter) und der potentiellen Assimilation (= Assimilationshöhe von Blättern, die zur Dekkung des Wasserdefizites 24 Std. in Wasser unter einer Glasglocke standen) zeigen, daß die Assimilationsleistung züchterisch bearbeiteter tetraploider Pflanzen der Sorte Polybeta bei optimaler Wasserversorgung höher ist als die diploider und triploider Pflanzen derselben Sorte. Während oder kurz nach einer Trockenperiode ist dies nicht der Fall, vielmehr weisen unter diesen Bedingungen triploide Pflanzen die höchsten aktuellen Assimilationwerte auf.

An neu colchicinierten Tetraploiden des Zuchtstammes 205 ist bei guter Wasserversorgung im Durchschnitt keine signifikant höhere potentielle Assimilation gegenüber Diploiden festzustellen.

Die Atmung der auf bewässerten Versuchsbeeten kultivierten Pflanzen ist bei Tetraploiden der Sorte Polybeta gegenüber Diploiden und Triploiden erhöht, vorausgesetzt, daß der Wasserhaushalt durch Sonneneinstrahlung nicht überbelastet wird. Bei Trockenkultur hingegen atmen triploide Pflanzen stärker als diploide und tetraploide.

Im Gegensatz zu den Befunden an züchterisch bearbeiteten Tetraploiden der Sorte Polybeta ist die Atmung neu colchiciniertes tetraploider Pflanzen der Sorte Beta 242/53 bei Kultur auf bewässertem Versuchsbeet

durchschnittlich, wenn auch nicht statistisch gesichert, niedriger als die diploider Pflanzen.

Bei den beiden diploiden Zuckerrübensorten Klein Wanzlebener N und Klein Wanzlebener E ist es nicht gelungen, gesicherte Atmungsunterschiede zwischen Pflanzen beider Sorten in Trocken- und Feuchtkultur nachzuweisen.

Literatur

1. ANDERSSON, G.: Vergleichende Untersuchungen der Assimilationsintensität diploider und tetraploider Gerste. Sv. Bot. Tidskr. 37, 175—199 (1943). — 2. BECKER, G.: Experimentelle Analyse der Genom- und Plasmonwirkung bei Moosen. III. Osmotischer Wert heteroploider Pflanzen. Zeitschr. f. Vererbungslehre 60, 17—38 (1931). — 3. BEYSEL, D.: Über die Leistungen der Zuckerrübensorte Polybeta. Ztschr. f. d. Zuckerindustrie 81, 37—38 (1956). — 4. BEYSEL, D.: Osmotischer Wert und Viskosität des Protoplasmas diploider und polyploider Zuckerrüben. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 70, 109—120 (1957). — 5. BLAKESLEE, A. F. und A. G. AVERY: Methods of inducing doubling of chromosomes in plants. Journ. Heredity 28, 393—411 (1937). — 6. EHRENSBERGER, R.: Osmotischer Wert und Permeabilität der Zellen polyploider Reihen bei Blütenpflanzen. Ztschr. f. Naturforschung 36, 120—125 (1948). — 7. EKDAHL, J.: Comparative studies in physiology of diploid and tetraploid barley. Arkiv f. Botanik 31A, 1—45 (1944). — 8. ENSGRABER, A.: Über den Einfluß der Antrocknung auf die Assimilation und Atmung von Moosen und Flechten. Flora 141, 432—475 (1954). — 9. FABERGÉ, A. C.: The physiological consequences of polyploidy. I. Growth and size in the tomato. Journ. Genetics 33, 62—73 (1940). — 10. GREIS, H.: Vergleichende physiologische Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Gersten. Züchter 12, 62—73 (1940). — 11. GYÖRFFY, B.: Untersuchungen über den osmotischen Wert polyploider Pflanzen. Planta 32, 15—37 (1941). — 12. HAGERUP, O.: Über Polyploidie in Beziehung zu Klima, Ökologie und Phylogenie. Hereditas 16, 19—40 (1932). — 13. HAGERUP, O.: Studies on polyploid ecotypes in *Vaccinium uliginosum* L. Hereditas 18, 122—128 (1934). — 14. HAGERUP, O.: Studies on the significance of polyploidy. III. *Deschampsia* and *Aira*. Hereditas 25, 185—192 (1939). — 15. HESSE, R.: Vergleichende Untersuchungen an diploiden und tetraploiden Petunien. Ztschr. f. Vererbungslehre 75, 1—23 (1938). — 16. JULÉN, G.: Investigations on diploide, triploide und tetraploide Luzerne. Hereditas 30, 567—582 (1944). — 17. KOSTOFF, D.: Polyploids are more variable than their original diploids. Nature 144, Nr. 36, 55 (1939). — 18. KOSTOFF, D.: Polyploidie und landwirtschaftliche Produktion. Ztschr. f. Pflanzenzüchtung 25, 284—304 (1943). — 19. KOSTOFF, D., GORBATCHEVA, A. u. P. DIMITROFF: Die Vergrößerung der Zelle in auto- und allopolyploiden Tabakpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtung 25, 112—116 (1943). — 20. KUHK, R.: Vergleichende Untersuchungen an di- und tetraploidem Lein (*Linum usitatissimum* L.). Ztschr. f. Pflanzenzüchtung 25, 92—111 (1943). — 21. LARSEN, P.: Vergleich der direkt bestimmten und der aus Messungen der Assimilation und Atmung errechneten Stoffproduktion einjähriger Pflanzenbestände. Planta 32, 343—363 (1941). — 22. LARSEN, P.: The aspects of polyploidy in the genus *Solanum*. Production of dry matter, rate of photosynthesis and respiration and development of leaf area in some diploid, autotetraploid and amphidiploid strains of *Solanum*. Kgl. Dansk. Vid. Selsk. Biol. Medd. 18, 1 (1943). — 23. LÖFFLER, M.: Die Atmung von lagernden Weizenkörnern in Abhängigkeit von ihrem Feuchtigkeitsgrad. Diplomarbeit Darmstadt 1953. — 24. LÖVE, A. u. B.: Chromosome numbers of Scandinavian plant species. Bot. Notiser, 1942 a, p. 19. — 25. LÖVE, A.: Cytogenetic studies on *Rumex* subgenus *acetosella*. Hereditas 30, 1—136 (1944). — 26. MELCHERS, G.: Die Ursachen für die bessere Anpassungsfähigkeit der Polyploiden. Ztschr. f. Naturforschung 1, 160—165 (1946). — 27. MITTENBECKER, E.: Planung und statistische Auswertung von Experimenten. Wien 1952. — 28. PIRSCHLE, K.: Stoffwechselfysiologische Untersuchungen hinsichtlich des Mineralhaushaltes an *Petunia* DD, dd, Dd und DDDD. Planta 31, 349—405 (1940). — 29. PIRSCHLE, K.: Resistenzversuche mit polyploiden Pflanzen. Naturwissenschaften 29, 338—339 (1941). — 30. PIRSCHLE, K.: Wasserkulturversuche mit polyploiden Pflanzen. I. *Stellaria media*. Biol. Zentralblatt 62, 253—279 (1942a). — 31. PIRSCHLE, K.: Quantitative Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ autopolyploider Pflanzen. Ztschr. f. Vererbungslehre 80, 126—156 (1942a). — 32. PIRSCHLE, K.: Weitere Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ von Autopolyploiden (2n, 3n, 4n) und ihren Bastarden. Ztschr. f. Vererbungslehre 80, 247—270 (1942b). — 33. PIRSCHLE, K.: Stickstoff- und Eiweißanalysen an autopolyploiden Pflanzen. Planta 32, 517—534 (1942c). — 34. RASMUSSEN, J.: Autotetraploid sugar beets. Vitality changes in subsequent generations. Hereditas 39, 257—269 (1953). — 35. RÜDIGER, W.: Über die Beziehungen des Längen-Breitenindex der Zelle und Organe bei Gigaspflanzen und ihren kleinzelligen Ausgangsformen. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 65, 239—245 (1953). — 36. SCHIEMANN, E.: Der Chromosomenbestand der Kulturpflanzen. Züchter 7, 249—254 (1935). — 37. SCHLÖSSER, L. A.: Frosthärte und Polyploidie. Züchter 8, 75—80 (1936a). — 38. SCHLÖSSER, L. A.: Physiologische Untersuchungen an polyploiden Pflanzenreihen. Forschungsdienst 10, 28—40 (1940a). — 39. SCHLÖSSER, L. A.: Untersuchungen an autopolyploiden Zuckerrüben. Ztschr. d. Wirtschaftsgruppe Zuckerindustrie 90, 88—106 (1940b). — 40. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. I. Feldversuche mit diploiden und autotetraploiden Nutzpflanzen. Züchter 19, 70—85 (1948). — 41. SCHWANITZ, F.: II. Zum Wasserhaushalt diploider und polyploider Pflanzen. Züchter 19, 221—232 (1949b). — 42. SCHWANITZ, F.: V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. Züchter 19, 344—369 (1949c). — 43. SCHWANITZ, F.: VI. Pollengröße und Zellkerngröße bei diploiden und autotetraploiden Pflanzen. Züchter 20, 53—57 (1950a). — 44. SCHWANITZ, F.: VII. Zur Atmung diploider und autotetraploider Pflanzen. Züchter 20, 76—81 (1950b). — 45. SCHWANITZ, F.: Der Gigascharakter der Kulturpflanzen als Ursache für die schlechte Leistung künstlich polyploid gemachter Nutzpflanzen. Naturwissenschaften 37, 115—116 (1950e). — 46. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. XII. Der Gigascharakter der Kulturpflanzen und seine Bedeutung für die Polyploidiezüchtung. Züchter 21, 65—75 (1951b). — 47. SCHWANITZ, F.: XIII. Zellgröße und Blütenfüllung. Züchter 22, 244—254 (1952). — 48. SCHWANITZ, F.: Die Zellgröße als Grundelement in Phylogenie und Ontogenese. Züchter 23, 17—44 (1953). — 49. SCHWANITZ, F.: Keimungsphysiologische Untersuchungen an diploiden Gigaspflanzen. Beitr. z. Biologie d. Pflanzen 31, 1—14 (1955). — 50. SIMONIS, W.: CO₂-Assimilation und Stoffproduktion trocken gezogener Pflanzen. Planta 35, 188—224 (1948). — 51. SIMONIS, W.: Untersuchungen zum Dürreeffekt. I. Mitteilung. Morphologische Struktur, Wasserhaushalt, Atmung und Photosynthese feucht und trocken gezogener Pflanzen. Planta 40, 313—332 (1952). — 52. STÄLFELT, M. G.: Über die Natur der Licht- und Temperaturoptima in der Kohlensäureassimilation. Sv. Bot. Tidskr. 33, 383—417 (1939). — 53. STÄLFELT, M. G.: Kohlensäureassimilation und Atmung großwüchsiger Polyploider. Archiv f. Botanik, 30 A, 1 (1943). — 54. STOCKER, O., S. REHM und H. SCHMIDT: Der Wasser- und Assimilationshaushalt dürreresistenter und dürrereempfindlicher Sorten landwirtschaftlicher Kulturpflanzen. II. Zuckerrüben. Jahrb. f. Wiss. Botanik 41, 278—330 (1943). — 55. STOCKER, O.: Beiträge zu einer Theorie der Dürre-resistenz. Planta 35, 445—466 (1948). — 56. STOCKER, O.: Die Dürre-resistenz. Handbuch der Pflanzenphysiologie, 3, 696—741 (1956). — 57. STOUT, M.: Some factors that affect the respiration rate of sugar beets. Proc. Americ. Soc. Sug. Beet Techn. 8, 404—409 (1954). — 58. STRAUB, J.: Die Züchtung von Polyploiden mit positivem Selektionswert. Ztschr. f. Naturforschung 1, 342—345 (1946). — 59. TISCHLER, G.: Die Bedeutung der Polyploidie für die Verbreitung der Angiospermen, erläutert an den Arten Schleswig-Holsteins mit Ausblicken auf andere Florengebiete. Bot. Jahrb. 67, 1—36 (1935). — 60. TISCHLER, G.: Die Bedeutung der Polyploidie für pflanzengeographische Probleme. Forschung und Fortschritt 12, 37—38 (1936). — 61. TISCHLER, G.: Die Halligenflora der Nordsee im Lichte zytologischer Forschung. Cytologia Fujii. Jub. Band, 162—170 (1937). — 62. TISCHLER, G.: Die Bezie-

hungen chromosomaler Rassenunterschiede zur Ökologie der Pflanzen. *Forschung und Fortschritt* **15**, 420—421 (1939). — 63. TISCHLER, G.: Polyploidie und Artbildung. *Naturwissenschaften* **30**, 713—718 (1942). — 64. TISCHLER, G.: Über die Siedlungsfähigkeit der Polyploiden. *Ztschr. f. Naturforschung* **1**, 157—159 (1946). — 65. TURRESSON, G.: Studien über *Festuca ovina* L. Chromoso-

menzahl und Viviparie. *Hereditas* **13**, 177—184 (1930). — 66. WERTSTEIN, F. v.: Morphologie und Physiologie des Formwechsels der Moose auf genetischer Grundlage I. *Ztschr. f. Vererbungslehre* **33**, 1—236 (1924). — 67. WRICKE, G.: Ein Fall von Superdominanz bei einer experimentell hergestellten Autotetraploiden von *Arabidopsis thaliana*. *Ztschr. f. Vererbungslehre* **87**, 47—64 (1955).

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Hochschule für Bodenkultur in Wien.
(Vorstand: o. Prof. Dr. L. M. KOPEZ)

Anatomische und cytologische Untersuchungen über tageslängenbedingte Wachstumsänderungen im Sproßmark der Kartoffel

Von O. STEINECK und G. CZEIKA

Mit 3 Textabbildungen

I. Einleitung

Eine verschieden lange tägliche Belichtungsdauer beeinflusst das Gesamtwachstum der Kartoffel in ganz bestimmter Weise. In zahlreichen Untersuchungen konnte nachgewiesen werden, daß durch künstliche Verkürzung der Tageslänge die Wuchshöhe der Stauden von Sämlingen (KOPETZ-STEINECK 9) und verschiedenen Sorten (STEINECK 10, 11) eine Verringerung erfährt. Bei Kartoffelpflanzen mit geringen Anforderungen an die „kritische Tageslänge“ führt die gleiche Maßnahme zu einer Steigerung des Ertrages, zu einer Änderung der Knollenform und zu einer Verkürzung der Stolonen. Die Blütenausbildung unterbleibt und die Blätter sind bei einer Anzucht unter verkürzter Tageslänge größer. Diese habituellen Abänderungen konnten von allen Versuchsanstellern, welche sich mit photoperiodischen Untersuchungen befaßten, in der angeführten Art festgestellt werden.

Die Wachstumsvorgänge von Kartoffelpflanzen werden durch ein verschiedenes Lichtklima in ganz bestimmter Weise gesteuert. Die Veränderungen im Wuchs sind somit zweifellos auf einen unter verschiedenen Tageslängen andersartigen Verlauf des Wachstums zurückzuführen. Im Rahmen der in vorliegender Arbeit mitgeteilten Untersuchungen stand die Frage des Tageslängeneinflusses auf das Sproßwachstum im Vordergrund. Zur Erfassung tageslängenbedingter Änderungen im Wachstum der Sproßachse von Kartoffelpflanzen wurden Zellteilung, Zellstreckung und endomitotische Polyploidisierung im Sproßmark bei einigen Kartoffelsorten untersucht, deren Pflanzen unter verschiedenen Tageslängen angezogen worden waren.

Um zunächst allgemein einen Einblick zu bekommen, wie in dieser Hinsicht die Verhältnisse bei der Kartoffel liegen, wurden die Wachstumsvorgänge in Sproßachsen unbehandelter Pflanzen von mehreren Sorten untersucht. Die von FENZL (1) und FENZL und TSCHERMAK-WÖSS (2) in krautigen Achsenteilen festgestellten Befunde befassen sich lediglich mit dem Vorkommen endopolyploider Zellkerne. Für die zu behandelnden Fragen sind aber hauptsächlich die Wachstumsvorgänge Zellteilung und Zellstreckung von maßgeblichem Wert. Es erfolgte daher vorher, unabhängig von dem zu bearbeitendem Problem des Tageslängeneinflusses, die Untersuchung verschiedener Sorten. Es sollte dadurch lediglich an Hand eines genetisch verschiedenartigen Materials festgestellt werden, inwieweit Sorten unter normalen Entwicklungsbedingungen bezüglich des Ablaufes der Wachstumsvorgänge

Zellteilung und Zellstreckung sich gleichartig oder unterschiedlich verhalten. Es konnte festgestellt werden (STEINECK-CZEIKA 14), daß im Ausmaß der Teilungs- und Streckungszone zwischen den einzelnen Sorten oft erhebliche Unterschiede bestehen. So war beispielsweise die Zone der Zellteilung und Zellstreckung bei den Sorten ‚Frühbote‘ und ‚Sommerkrone‘ bedeutend kürzer als bei den Vergleichssorten ‚Sieglinde‘ und ‚Maritta‘.

Nach den erzielten Ergebnissen zu schließen, hat es den Anschein, daß die Wachstumsvorgänge weniger durch die differente Reifezeit als vielmehr durch die verschiedene Blühneigung der Sorten beeinflusst werden. Zwischen Blühwilligkeit und Tageslängenwirkung bestehen jedoch Wechselbeziehungen, wie bereits mehrfach nachgewiesen werden konnte (KOPETZ-STEINECK 9, STEINECK 11, 13). Der Zusammenhang ist offenbar so, daß Sorten mit geringen Tageslängenansprüchen die „kritische Tageslänge“ im normalen Wachstumsablauf bald erreichen und überschreiten und daher die Blühhemmung bereits frühzeitig bei diesen beseitigt wird. Photoperiodisch betrachtet sind sie blühwilliger als Sorten mit hohen Tageslängenansprüchen. Diese erreichen bzw. überschreiten die „kritische Tageslänge“ erst zu einem wesentlich späteren Zeitpunkt und sind daher auch wesentlich länger mit einer Blühhemmung durch das Lichtklima belastet. Ihre Blühneigung ist daher tageslängenbedingt gering.

Die erfahrungsgemäß weniger blühwilligen Sorten zeigen nun zufolge den Untersuchungsergebnissen eine kurze Teilungs- und Streckungszone, während im Vergleich dazu bei Sorten mit erhöhter Blühneigung beide Zonen länger sind. Zur Feststellung, inwieweit dieses sortenweise unterschiedliche Verhalten mit der Wirkung der Tageslänge in Zusammenhang steht, wurden Untersuchungen über den Wachstumsablauf an Kartoffelpflanzen vorgenommen, welche unter verschiedenen Tageslängen gewachsen waren. Auf diese Weise war die Möglichkeit geboten, Änderungen im Wachstum, bedingt durch die Wirkung einer verschieden langen täglichen Belichtungsdauer, einwandfrei ermitteln zu können.

II. Eigene Untersuchungen

Die Untersuchungen wurden an Sproßachsen von Kartoffelpflanzen verschiedener Sorten vorgenommen, um ein möglichst unterschiedliches Material zu bearbeiten. Ihre Kultur erfolgte unter Normaltagverhältnissen und unter künstlich verkürzten Tageslängen von bestimmtem Ausmaß, um definierte Versuchsob-