

## Zusammenfassung.

1. Für die Lebendbeobachtung der Chondriosomen sind großzellige Hefen sehr geeignet. Vor jeder Zellteilung und jeder Sporenbildung findet eine Teilung, Bewegung, Gruppierung und bei der Sporenbildung schließlich eine Verschmelzung der Chondriosomen statt.

2. Bei gewissen, oxybiontischen Hefen, findet immer wiederkehrend in bestimmten Lebensaltern eine Exkretion der Chondriosomen statt. Der Vorgang der Exkretion ist durch Phasenkontrastaufnahmen belegt. Die Auswanderungsfähigkeit der Chondriosomen, für die bereits Beobachtungen von HORNING und PETRIE (1927 und 1933) sprachen, kann zur Erklärung der MITSCHURINSchen „Mentorisierung“ und „vorbereitenden vegetativen Annäherung“ herangezogen werden.

3. Die Reaktion der Chondriosomen auf Janusgrün spricht für ihre Fähigkeit zur Synthese von Proteasen, ihre Reaktion auf Silbernitrat und selenige Säure für reduktive Fähigkeiten. Kurzum, die Chondriosomen sind in biochemischer Hinsicht als sehr leistungsfähige Plasmaorgane zu betrachten. Sie spielen wahrscheinlich bei der Plasmavererbung die wichtigste Rolle.

4. Für die Lebendbeobachtung von Chondriosomen eignen sich außerdem sehr die Mucoraceen. Durch N-Hypertrophie läßt sich hier jederzeit ein geradezu luxurierendes Wachstum des Chondrioms erzielen. Auch bei diesen Pilzen kommt es ständig zu Chondriosomenexkretionen. Die durch Plasmoptyse und Exkretion außerhalb der Zellen gelangenden Chondriosomen regenerieren sich in flüssigen und halbsteifen Nährmedien nach gewisser Zeit (die von Art zu Art verschieden lang ist) von selbst zu Bakterien. Dieser Vorgang wird *Autoregeneration* der Chondriosomen genannt.

5. Es wird eine Methode zur künstlichen Isolierung von Chondriosomen aus jungen *Mucor*-Sporangien beschrieben mit Hilfe dèrer Experimente zur künstlichen Regeneration angesetzt werden können.

6. Die Perlblasen der Ampelideen eignen sich zum Studium des Zerfalls von Leukoplasten. Diese zeigen, daß die Leukoplasten aus Chondriosomen aufgebaut sind. Es gelang sogar mehrmals die Entwicklung der Leukoplastenbruchstücke zu schwärmenden Bak-

terien innerhalb der Epidermiszellen von Perlblasen von *Ampelopsis tricuspidata* zu beobachten. Bei diesen Versuchen wurde durch das Einschlußmittel innerhalb der Epidermiszellen langsam das pH in alkalischer Richtung verschoben.

7. Die bisherige Methode des Fixierens und Färbens der Chondriosomen wird zweckmäßig ersetzt durch Lebendbeobachtung, vor allem mittels des Phasenkontrast-Mikroskops. An Stelle von Zeichnungen sollten durchwegs Mikroaufnahmen treten, da Zeichnungen die wahren Strukturen von Chondriosomen kaum naturgetreu wiederzugeben vermögen.

8. Aus den dargestellten Versuchsergebnissen geht zwingend hervor, daß die Zelle nicht mehr als die kleinste Lebenseinheit aufgefaßt werden darf, sondern als eine Korporative, bestehend aus zahlreichen kleineren und kleinsten Lebenseinheiten aufgefaßt werden muß.

9. Die Priorität für die Feststellung des Entstehens von Bakterien aus Schimmelpilzen gehört GÜNTHER ENDERLEIN.

## Literatur.

1. BENDA: Verhandl. d. phys. Ges. Berlin, Jahrgänge 1897/98 und 1898/99. — 2. MEVES, FR.: Über das Vorkommen von Mitochondrien bzw. Chondriomiten in Pflanzenzellen. Ber. d. d. Bot. Ges. Bd. 22, S. 284—286 (1904). — 3. GUILLIERMOND, A.: Aufsätze über Mitochondrien in Compt. rend. Bd. 153 (1911) und Bd. 154 (1912). — 4. LEWITSKY, G.: Ber. d. d. Bot. Ges. Bd. 29, S. 685—696 u. S. 697—703 (1911). — 5. SCHERRER, A.: Ebenda Bd. 31, S. 493—500 (1913). — 6. LUNDEGARDH, H.: Jahrb. f. wiss. Bot. Bd. 48, S. 285—375 (1910). — 7. SCHMIDT, E. W.: Zeitschr. f. Bot. Bd. 4, S. 707—713 (1912). — 8. GUILLIERMOND, A.: Les constituants morphologiques du cytoplasma. Exposés de Biologie Paris 1934. — 9. WINGE, O. und LAUSTSEN, O.: Compt. rend. des travaux du Laboratoire Carlsberg. Vol. 23, Nr. 2, S. 17—39 (1940). — 10. BADIEN, M. J.: Bull. Acad. Polon. Scie. et Lettres, Serie B: Sciences Naturelles 1937. — 11. JONÁŠ, V.: Wochenschr. f. Brauerei. 47. Jahrg., S. 205—209 (1930). — 12. BALTATU, GH.: Zentralbl. f. Bakt. Abt. II, Bd. 101, S. 196—285 (1939). — 13. HORNING, E. S. und PETRIE, A. H. K.: The enzymatic function of mitochondria in the germination of cereals. Proc. Roy. Soc. (B) 102, S. 188 (1927) sowie: Ergebnisse der Enzymforschung Bd. 2, S. 336 bis 349 (1933). — 14. ENDERLEIN, GÜNTHER: Archiv für Entwicklungsgeschichte der Bakterien Bd. 1, Heft 1—4, Berlin 1931—1940. — 15. MÜLLER, R.: Mikrobiologie. Verlag Urban-Schwarzenberg. München 1946 und Forschungen und Fortschritte 21823. Jahrg. S. 186 (1947).

(Aus der Zweigstelle Baden [Rosenhof b. Ladenburg a. N.] des Kaiser Wilhelm-Instituts für Züchtungsforschung, ERWIN BAUR-Institut.)

## Untersuchungen an polyploiden Pflanzen.

## VII. Zur Atmung diploider und autotetraploider Pflanzen.

Von F. SCHWANITZ.

Im Rahmen der von uns an künstlich hergestellten autopolyploiden Pflanzen durchgeführten Untersuchungen schien es uns besonders wertvoll, auch einmal an einem größeren Material festzustellen, ob und wie sich Diploide und Autotetraploide in der Intensität der Atmung unterscheiden, da eine Veränderung der Atmungsintensität zahlreiche andere physiologische Prozesse entscheidend beeinflussen und daher letzten Endes für die Leistungsfähigkeit und die ökologische Anpassungsfähigkeit der Tetraploiden von entscheidender Bedeutung sein muß.

Es wurden daher im Herbst 1944 an einer Reihe von Objekten Atmungsversuche durchgeführt. Wie bei den vorhergehenden Versuchen so schien es uns auch in diesem Falle besonders wichtig, an jedem einzelnen Objekt nicht nur eine oder wenige Bestimmungen durchzuführen, da in diesem Falle die Gefahr besteht, daß zufällig von der Norm abweichende Varianten erfaßt werden, sondern für jedes einzelne Objekt eine so große Zahl von Einzelbestimmungen an verschiedenen Pflanzen durchzuführen, daß eine statistische Auswertung und Sicherung der Versuche möglich war. Auf

diese Weise mußte es möglich sein, Werte für die Atmung zu erhalten, die dem durchschnittlichen Verhalten der diploiden und der tetraploiden Pflanzen durchaus entsprachen.

Die Durchführung einer größeren Anzahl von Serienversuchen wurde uns dadurch erleichtert bzw. überhaupt erst möglich gemacht, daß Herr Professor SEYBOLD für diese Untersuchungen den „Uras“-Ultra-rotabsorptionsschreiber des Botanischen Instituts der Universität Heidelberg in entgegenkommendster Weise zur Verfügung stellte und uns bei der Durchführung mit Rat und Tat unterstützte. Hierfür möchten wir ihm sowie Herrn Dr. EGGLE, der uns bei unseren Versuchen ebenfalls in freundlichster Weise behilflich war, auch an dieser Stelle unseren herzlichsten Dank aussprechen.

Das tetraploide Pflanzenmaterial, das zur Untersuchung kam, war von uns selbst aus diploidem Handelssaatgut durch Colchicinbehandlung hergestellt und vermehrt worden (vgl. SCHWANITZ 1948, 1949 u. ff.). Als diploides Material wurde das entsprechende Handelssaatgut verwendet. Die Blätter wurden am Morgen des Versuchstages dem Versuchsfeld entnommen und so schnell wie möglich in das Botanische Institut zur Untersuchung gebracht. Die Rüben bzw. die Fruchtteile wurden am Abend des Vortages geerntet, aus geeigneten Stücken des Fleisches wurden mit Hilfe von zwei parallel angeordneten Rasierklingen gleich dicke Scheiben von 0,5 cm Dicke herausgeschnitten und aus diesen mit Hilfe eines Korkbohrers Stücke von gleicher Größe gewonnen, so daß hierbei nur Stücke von gleichem Volumen und gleicher Oberfläche zur Untersuchung kamen. Die Versuchsstücke wurden dann sorgfältig abgespült und in mit feuchtem Filtrierpapier ausgelegten Petrischalen bis zum nächsten Morgen aufgehoben. Bei Rüben und *Digitalis* wurden ganze Blätter bzw. größere Blatteile untersucht. Nach der  $\text{CO}_2$ -Bestimmung wurden die betreffenden Blätter oder Blatteile auf Papier gelegt, die Umrisse nachgezeichnet und mit Hilfe eines Planimeters die jeweilige Blattfläche ausgemessen. Nach dem Abzeichnen des Blattumrisses wurde der Trockensubstanzgehalt der einzelnen Blätter oder Blatteile ermittelt. Auch bei den Rüben- oder Fruchtstücken wurde unmittelbar nach der Messung der Atmung der Trockensubstanzgehalt bestimmt. Für jede Einzelbestimmung wurde bei den Serienversuchen eine andere Pflanze benutzt, so daß durch die Gesamtuntersuchung tatsächlich ein reales Bild von dem durchschnittlichen Verhalten des Gesamtmaterials erhalten wurde.

Über das bei unseren Messungen verwendete Gerät „Uras“ des Botanischen Instituts in Heidelberg wird Herr Dr. EGGLE in Kürze ausführlich berichten, es sei daher an dieser Stelle auf diese Arbeit verwiesen.

Die Auswertung der Ergebnisse erfolgte wie bei den früheren Arbeiten dieser Reihe nach den üblichen statistischen Methoden (JOHANNSEN 1926, JUST 1935, TEDIN 1941). Zur Errechnung von P wurden die Tafeln von KOLLER (1940) sowie die von PÄTAU (1943) veröffentlichten t-Tafeln benutzt. Für die Angabe der Sicherung der Unterschiede zwischen zwei Werten bedienen wir uns, wie in den früheren Arbeiten, der von PIRSCHLE eingeführten Zeichen:  $^{xxx}P < 0,0027$ ; Wahrscheinlichkeit  $> 99,73\%$ ;  $^{xx}P 0,0027-0,01$ ; Wahrscheinlichkeit  $99,73-99\%$ ;  $^{x}P 0,01-0,05$ ; Wahrscheinlichkeit  $99-95\%$ ;  $^{\circ}P 0,05-0,1$ ; (Wahrscheinlichkeit

$95-90\%$ ), Unterschiede können nicht mehr als gesichert gelten;  $^{\circ}P > 0,1$ , Wahrscheinlichkeit unter  $90\%$ .

Vor Beginn der eigentlichen Versuche waren einige Vorversuche mit mehreren Objekten: dem Fruchtfleisch von *Cucurbita maxima*, von *C. pepo* und mit je 50 Blütenblättern von *Sinapis alba* vorgenommen worden. Tab. 1 zeigt die Ergebnisse.

Tabelle 1. Atmung ( $\text{mg CO}_2$  in 60 min) je 1 g Trockensubstanz.

Einzelbestimmungen.			
Objekt	Valenz	$\text{mg CO}_2$ pro 60 min	Relative Werte (2n = 100)
<i>Cucurbita maxima</i> . . . .	2 n	26,7	100
(Fruchtfleisch . . . . .)	4 n	19,4	72,7
<i>Cucurbita pepo</i> . . . . .	2 n	32,8	100
(Fruchtfleisch) . . . . .	4 n	20,1	61,3
<i>Sinapis alba</i> . . . . .	2 n	195,4	100
(Blütenblätter) . . . . .	4 n	159,2	81,7

Bei allen drei Objekten finden wir übereinstimmend eine Herabsetzung der Atmungsintensität um etwa 20—30%. Mit diesen Pflanzen Serienuntersuchungen durchzuführen, war nicht möglich, da der Senf zur Durchführung anderer Untersuchungen geerntet werden mußte, von den Kürbissen aber nicht genügend Einzelpflanzen für eine derartige Serienbestimmung zur Verfügung standen. Die Hauptuntersuchung wurde daher mit rotem Fingerhut, Sprengelrüben und Münchener Bierrettich durchgeführt, von denen ein beliebig großes Material zur Verfügung stand. Bei Fingerhut und Sprengelrüben wurde die Atmung der Blätter, bei Münchener Bierrettich die Atmung der Rüben untersucht. Die Ergebnisse sind in Tab. 2 zusammengestellt.

Tabelle 2. Atmung ( $\text{mg CO}_2$  in 60 min) je gleicher Blattfläche und je 1 g Trockensubstanz.

Objekt	Valenz	n	$\text{mg CO}_2$ pro 60 min		
			Atmung je 100 $\text{cm}^2$ Blattfläche	Atmung je 1 g Trockensubstanz	Atmung je 1 g Trockensubstanz (2n = 100)
Rüben ( <i>Brassica rapa</i> L.) Blatt	2 n	67	$31,9^{\circ} \pm 1,2$	$76,3 \pm 2,8$	$100^{xxx}$
	4 n	69	$31,6 \pm 1,6$	$60,0 \pm 2,6$	78,6
Roter Fingerhut ( <i>Digitalis purpurea</i> L.) Blatt	2 n	108	$24,68^{xx} \pm 0,2$	$32,17 \pm 0,2$	$100^{xxx}$
	4 n	107	$23,99 \pm 0,1$	$28,11 \pm 0,2$	87,6
Münchener Bierrettich ( <i>Raphanus sativus</i> L.) Wurzelfleisch	2 n	65	—	$34,7 \pm 1,74$	$100^{xx}$
	4 n	64	—	$28,7 \pm 1,54$	82,7

Aus den erhaltenen Werten geht einmal hervor, daß gleiche Blattflächen bei Diploiden und Tetraploiden praktisch gleich viel  $\text{CO}_2$  pro Zeiteinheit ausscheiden. Gleiche Blattflächen sind jedoch bei Diploiden und Tetraploiden nicht miteinander vergleichbar, da die Blätter der Tetraploiden im Durchschnitt um etwa 10% dicker sind als die der Diploiden (*Digitalis*

*purpurea*  $2n : 4n = 0,23 \text{ mm} : 0,26 \text{ mm}$ ; *Brassica rapa*  $2n : 4n = 0,24 \text{ mm} : 0,26 \text{ mm}$ ). Wir müssen daher die Atmung der beiden Valenzstufen auf die gleiche Menge Trockensubstanz beziehen, wenn wir vergleichbare Werte erhalten wollen. Hierbei zeigt sich, wie aus Tab. 1 und 2 hervorgeht, daß die Diploiden den aus ihnen hervorgegangenen Autotetraploiden sehr erheblich überlegen sind.

Diese Ergebnisse stimmen überein mit denen einer Reihe anderer Autoren. STÄLFELT (1943) fand bei *Phleum nodosum*, bei dem eine Rasse mit  $2n = 14$  mit einer solchen mit  $2n = 35$  verglichen wurde, für  $2n = 35$  — die Werte für  $2n = 14$  gleich 100 gesetzt — für die Atmung auf Frisch- und Trockengewicht bezogen einen Wert von 68. Bei *Trifolium repens* waren — die Werte für  $2n = 32$  ebenfalls gleich 100 gesetzt — die Werte für das Frischgewicht bei den Formen mit  $2n = 64$  gleich 71, diejenigen für das Trockengewicht = 70. LARSEN (1943) bestimmte die Atmung von diploiden und tetraploidem *Solanum nodiflorum* und stellte fest, daß die Atmung der Tetraploiden von Mai bis September von 79% bis auf 99% der Atmung der Diploiden anstieg. EKDAHL (1944) ermittelte die Atmung tetraploider junger Gerstenblätter: pro Zeiteinheit und auf Trockengewicht bezogen lag hier die Atmung um 10–30% unter derjenigen der Diploiden. Bei keimender Gerste ist nach CHEN und TANG (1945) die Atmung der tetraploiden Keimlinge geringer als die der diploiden. Im Gegensatz zu diesen Befunden stehen die Ergebnisse von ANDERSSON (1943), der an tetraploider Opalgerste fand, daß hier die Atmung auf das Frischgewicht bezogen bei den  $4n$ -Pflanzen schwächer, auf Trockengewicht und Flächeneinheit bezogen dagegen bei den Diploiden und Tetraploiden gleich war. Abgesehen von dieser letzten Arbeit stimmen also die Ergebnisse der bisher vorliegenden Untersuchungen über die Atmung polyploider Pflanzen im wesentlichen mit den von uns erhaltenen Ergebnissen überein.

Es erhebt sich nun zunächst einmal die Frage nach den Ursachen der Herabsetzung der Atmung bei den Polyploiden. STÄLFELT glaubt diese Erscheinung damit erklären zu können, daß mit zunehmender Zellgröße und mit höherem Wassergehalt der plasmatische Inhalt der Zellen — bezogen auf Volumen und auf Frischgewicht — abnehme. Da die Atmungsintensität eine Funktion der Plasmamenge sei, müsse erwartet werden, daß sie infolge der Verringerung der Plasmamenge abnehme. Diese Erklärung ist an und für sich sehr einleuchtend, bisher liegen nur leider keine exakten Untersuchungen über die Beeinflussung der Plasmamenge durch die Polyploidie vor, wenn man von einer Arbeit von NEWCOMER (1941) absieht, der bei *Cosmos* hinsichtlich der Plasmamenge der haploiden und der diploiden Pollenkörner keinerlei Unterschiede feststellen konnte.

Unscheint hier eine andere Deutung näher zu liegen. In einer früheren Arbeit (Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VI.) wurde gezeigt, daß infolge der Genomverdoppelung das Volumen der Zelle ungefähr verdoppelt wird, daß aber die Oberfläche nicht in gleichem Maße vergrößert wird. Dadurch besitzen die tetraploiden Zellen im Verhältnis zum Volumen eine erheblich geringere Oberfläche als die diploiden. Ein gleiches Verhalten können wir ferner beim Zellkern feststellen, auch hier ist die Oberfläche im Verhältnis zum Volumen bei den Tetraploiden deutlich verkleinert.

Vergleichen wir nun die Werte, die wir für die Verkleinerung der relativen Oberfläche (= Verhältnis von Oberfläche: Volumen, die  $2n$ -Werte = 100 gesetzt) für die Tetraploiden erhielten: 78,1%, 72,2%, 78,4%, 79,6%, 85,1%, 81,1% usw. mit den entsprechenden Werten ( $2n = 100$ ) für die Atmung der Tetraploiden: 72,7%, 61,3%, 81,7%, 78,6%, 82,7%, 87,6%, so geht aus diesen Zahlen wohl eindeutig hervor, daß der Rückgang der Atmungsintensität bei den Polyploiden weitestgehend dem Rückgang der relativen Zelloberfläche (Oberfläche auf Volumen bezogen) entspricht. Diese überaus starke Übereinstimmung der Werte für die Atmung und die relative Oberfläche der Zellen legt den Schluß nahe, daß der Rückgang der Atmung ausschließlich oder doch wenigstens weitgehend durch die relative Verkleinerung der Zelloberfläche bedingt ist. Damit aber fügt sich die von uns und anderen Autoren beobachtete Verminderung der Atmung infolge der Polyploidie zwanglos in den Rahmen des RUBNERSchen Gesetzes ein, wonach der Energieumsatz sich proportional der Oberfläche der betreffenden Formen verhält. So atmen kleine Tiere, die ja eine relativ größere Oberfläche besitzen, erheblich intensiver als größere (BERTALANFFY 1942, RUBNER 1902, 1931). Es ist selbstverständlich, daß auch bei der einzelnen Zelle die Intensität des Stoffwechsels, in diesem Falle der Atmung, von der relativen Oberfläche dieser Zelle abhängt. Da mit zunehmender Größe des Körpers, in diesem Falle der einzelnen Zelle, das Verhältnis von Oberfläche: Volumen, das heißt also die relative Oberfläche der Zelle abnimmt, so ist es verständlich, daß die Atmungsintensität der Zelle mit steigender Valenz proportional der relativen Verminderung der Zelloberfläche absinkt. Wird aber mit zunehmender Zellgröße und entsprechend verringerter relativer Zelloberfläche die Atmungsintensität der einzelnen Zelle verringert, so muß auch die Atmungsintensität entsprechender Zellverbände bzw. Organe in dem gleichen Sinne verändert werden, das heißt, sie muß ebenfalls kleiner werden. Letzten Endes muß also die Atmung der gesamten Pflanze bei Vermehrung des Genoms entsprechend der Verkleinerung der relativen Zelloberfläche ebenfalls absinken. Daß dies tatsächlich der Fall ist, zeigen die oben angeführten Zahlen für die relative Zelloberfläche und die Atmung der Tetraploiden, die sich in der gleichen Größenordnung bewegen. Damit muß angenommen werden, daß die Änderung der Atmungsintensität bei Polyploiden letzten Endes dem RUBNERSchen Gesetz von der Abhängigkeit der Stoffwechselfvorgänge von der Körpergröße folgt. Eine durch die Polyploidie hervorgerufene physiologisch sehr wichtige Veränderung im Stoffwechsel läßt sich also auf ein allgemein gültiges biologisches Grundgesetz zurückzuführen.

Die Herabsetzung der Atmungsintensität muß angesichts der großen Bedeutung, die die Atmung für die verschiedensten physiologischen Prozesse besitzt, wiederum zahlreiche andere Vorgänge entscheidend beeinflussen und verändern. Eine entscheidende Rolle spielt die Atmung bei der Samenkeimung. In einer früheren Arbeit (SCHWANITZ 1949) wurde der Einfluß der Polyploidie auf die Samenkeimung untersucht, und es konnte dabei festgestellt werden, daß die Keimung — gemessen an der Wasseraufnahme pro Trockengewicht — bei den Tetraploiden beträchtlich langsamer verläuft als bei den Diploiden. Setzt man die

Wasseraufnahme der Diploiden = 100, so erhält man für die Wasseraufnahme der Tetraploiden Werte, die weitgehend den Atmungswerten der Tetraploiden und noch weiter zurück den Werten für die relative Oberfläche der Tetraploiden entsprechen (Tab. 3). Die Tat-

Tabelle 3. Wasseraufnahme tetraploider Samen, die Werte auf die Werte für die Wasseraufnahme der Diploiden = 100 bezogen (nach SCHWANITZ 1949).

Objekt	Temperatur °C	Wasseraufnahme (2n = 100) nach:			
		24 Std.	48 Std.	72 Std.	96 Stunden
Ölrettich	10	95,4	93,9	91,5	91,5
<i>Raphanus sativus</i> L.	20	95,8	73,8	80,1	84,4
var. <i>oleiferus</i> METZGER	30	83,9	72,6	74,2	87,4
	35	87,1	76,1	72,9	61,5
Sprengelrübsen <i>Brassica rapa</i> L. var. <i>oleifera</i> METZGER	25	86,9	61,9	64,8	77,2
Senf <i>Sinapis alba</i> L.	25	107,1	49,7	82,4	82,6

sache, daß die Herabsetzung der Wasseraufnahme bei der Keimung der tetraploiden Samen in der gleichen Größenordnung erfolgt wie die Herabsetzung der Atmung, läßt darauf schließen, daß zwischen diesen beiden Funktionen eine enge Beziehung besteht, die nach der oben angeführten Arbeit nur so zu deuten ist, daß die Größe der Wasseraufnahme weitgehend von der Atmung abhängig ist.

Eine weitere für die Ernährungsphysiologie der Pflanze sehr wichtige Größe, die Permeabilität des Plasmas, ist, nach eigenen Versuchen mit Harnstoff in abgekochtem und in sauerstoffhaltigem Wasser sowie in Gemischen aus beiden, ebenfalls von dem Sauerstoffgehalt des Mediums weitgehend abhängig. Wie die Untersuchungen von EHRENSBERGER (1948) zeigten, und wie eigene unveröffentlichte Versuche ebenfalls erwiesen, ist die Permeabilität umgekehrt proportional der Oberfläche des Protoplasten: in einen 4 n-Protoplasten dringt pro Zeiteinheit nur 69% der Menge Glycerin ein wie in einen 2 n-Protoplasten. Für Methylharnstoff wurden entsprechende Werte gefunden. Diese Verschlechterung der Permeabilität wird ohne weiteres verständlich, wenn man die starke Abhängigkeit der Permeabilität vom Sauerstoffgehalt des Mediums berücksichtigt. Diese Abhängigkeit der Permeabilität von der Sauerstoffversorgung der Zellen muß aber dazu führen, daß in den schwächer atmenden tetraploiden Zellen auch die Permeabilität entsprechend vermindert ist. Zu der Permeabilitätssenkung infolge der geringeren Atmung kommt u. U. noch hinzu, daß die Verkleinerung der relativen Oberfläche der Zellen auch ohne die hemmende Wirkung der verringerten Atmung schon an und für sich allein durch die Verringerung der für das Permeieren verantwortlichen Oberfläche die Aufnahme von Stoffen durch die Zelle hemmen muß.

In einer früheren Veröffentlichung, in der versucht wurde, die Herabsetzung der Sexualität bei polyploiden Pflanzen auf einfache ernährungs- und stoffwechselphysiologische Grundvorgänge zurückzuführen, wurde auf die Bedeutung hingewiesen, die der verringerten Permeabilität für die Verlangsamung des Stofftransportes zukommt, die letzten Endes als die

Hauptursache der herabgesetzten Sexualität angesehen wird (Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. Züchter 19, 1949.) Damit, daß es möglich ist, die Herabsetzung der Permeabilität einmal auf die Verminderung der Atmungsintensität und damit mittelbar auf die Verkleinerung der für die Stoffaufnahme und -abgabe zur Verfügung stehenden Oberfläche zurückzuführen, kann auch dieser für die Schwächung der Sexualität bei den Polyploiden wahrscheinlich recht bedeutungsvolle Faktor, die Permeabilität, durch die Vergrößerung des Zellvolumens infolge der Verdoppelung des Genoms erklärt werden.

Die Verschlechterung der Permeabilität des Plasmas bei den Polyploiden hat aber nicht nur auf den Transport der Assimilate in der Pflanze sondern auch auf die Aufnahme von Mineralstoffen durch die Wurzeln einen Einfluß. Wird aber durch die verschlechterte Permeabilität der Wurzelhaare die Aufnahme der mineralischen Nährstoffe aus dem Boden gehemmt, so ist die polyploide Pflanze gegenüber der diploiden in der Versorgung mit den für den Aufbau des Organismus notwendigen Salzen benachteiligt. Wie bereits an anderer Stelle (Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IV. Zum Wasserhaushalt polyploider Pflanzen. Züchter 19, 1949) gezeigt wurde, kann eine derartige Verschlechterung der Nährstoffversorgung in der Jugend mit einer der Gründe dafür sein, daß Blätter der polyploiden Pflanzen aus weniger Zellen aufgebaut sind als die der diploiden Pflanzen, und daß die tetraploiden Pflanzen langsamer wachsen als die diploiden. Eine schlechtere Aufnahme der anorganischen Nährstoffe aus dem Boden kann demnach zwei verschiedene Ursachen haben: den geringeren osmotischen Wert der tetraploiden Pflanzen sowie die herabgesetzte Permeabilität der tetraploiden Zellen. Beide Faktoren aber lassen sich, wie gezeigt wurde, auf die Vergrößerung des Zellvolumens zurückführen.

Die langsamere Zellteilungsrate der Polyploiden sowie ihr vermindertes Wachstum, das immer wieder erwähnt wird, muß außer auf die hier und früher bereits des öfteren genannten Ursachen — die schlechtere Versorgung der Wachstumsregion mit den für den Neuaufbau organischer Substanzen notwendigen Assimilaten infolge der trägeren Stoffleitung in der Pflanze und Mangel an anorganischen Nährstoffen — zum Teil auch noch durch die herabgesetzte Atmung erklärt werden. Da nämlich der Aufbau neuer organischer Substanz, das Wachstum, die Teilung und die Vergrößerung der Zellen Vorgänge sind, die der Zuführung größerer Energiemengen bedürfen, muß eine Verminderung der Atmung sich auch an dieser Stelle hemmend auswirken. Den polyploiden Pflanzen ständen demnach an den Vegetationsspitzen, den Stellen stärkster Neubildung, nicht nur weniger Baustoffe sondern auch weniger Energie für diesen Aufbau zur Verfügung.

In einer früheren Arbeit (Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. Züchter 19, 1949) wurde das Trägerwerden des Stofftransportes in der polyploiden Pflanze auf die Herabsetzung der osmotischen Werte und die dadurch bedingte Verlangsamung der hydraulischen Druckströmung im Sinne der Theorie von MÜNCH zurückgeführt. Nachdem vor kurzem von ROECKL (1949) nachgewiesen werden konnte, daß das Assimilationsgewebe einen kleineren osmotischen Wert besitzt als der Siebröhrensaft, kann für den Transport der Assimilate vom

Orte der Erzeugung bis zum Orte des Abtransportes eine hydraulische Druckströmung nicht in Frage kommen. Vielmehr muß angenommen werden, daß auf dieser Strecke eine Wanderung gegen das Konzentrationsgefälle erfolgt. Ein solcher „Konzentrationshub“ aber kann nur unter stärkerem Energieverbrauch erfolgen: den schwächer atmenden Tetraploiden steht jedoch auch an diesen Stellen weniger Energie zur Verfügung als den Diploiden, folglich muß die Leitung der Assimilate auch an den Stellen, an denen eine Wanderung gegen das Konzentrationsgefälle erfolgt, sich langsamer vollziehen als bei den Diploiden.

Die Bedeutung der Atmung für die Sexualität der Pflanze wird in einem weiteren Beitrag zur Sexualität der Polyploiden, der in Kürze erscheint, gesondert behandelt werden.

Während nun alle diese Veränderungen, die infolge der Herabsetzung der Atmungsintensität eintreten, für die Pflanze selbst ungünstige Folgen mit sich bringen, die im allgemeinen auch vom züchterischen Standpunkt aus nicht als vorteilhaft betrachtet werden können, besteht doch die Möglichkeit, daß die Verminderung der Atmungsintensität gelegentlich auch Veränderungen im Verhalten der Pflanzen hervorruft, die für den Menschen nützlich sein können. Wenn z. B. polyploide Wurzeln oder Früchte weniger atmen und damit überhaupt einen trägeren Stoffwechsel besitzen als die entsprechenden diploiden, so verbrauchen sie dadurch in der gleichen Zeit weniger Reservestoffe als die diploiden, ihre Qualität bleibt somit bei längerer Lagerung besser erhalten als die der Diploiden. Es fragt sich ferner, ob die schwächere Atmung nicht auch eine erhöhte Lagerfestigkeit hervorruft. So läßt sich z. B. denken, daß die Verzögerung der Fruchtreife bei triploiden Sorten (HEILBORN 1935) weitgehend durch eine schwächere Atmung der Polyploiden bedingt ist. Sollte dies der Fall sein, so wäre die verringerte Atmung ein Faktor, durch den eine wirtschaftlich wichtige Eigenschaft, die bessere und längere Lagerfähigkeit des Obstes, unmittelbar hervorgerufen würde. Es wird die Aufgabe einer weiteren Untersuchung sein müssen, zu prüfen, wie weit die triploiden Apfelsorten tatsächlich eine schwächere Atmung besitzen als die diploiden und wieweit diese schwächere Atmung zu der größeren Lagerfähigkeit in Beziehung zu setzen ist.

Im ganzen sahen wir bei der Atmung ebenso wie beim Wasserhaushalt und bei der Sexualität der Tetraploiden, daß die Verdoppelung des Zellvolumens und hier besonders die durch diese Verdoppelung verursachte Verkleinerung der relativen Oberfläche der Zelle als die Ursache einer Reihe wichtiger physiologischer Veränderungen angesehen werden darf: die Atmung wird in dem gleichen Maße verringert, in dem die relative Zelloberfläche abnimmt. Beide Faktoren zusammen bewirken eine starke Reduktion der Permeabilität, die ihrerseits wieder die Aufnahme von Mineralstoffen sowie den Transport der Assimilate in der Pflanze sowie die Aufnahme von mineralischen Nährstoffen aus dem Boden stark mit beeinflussen und damit die gesamte Ernährungs- und Entwicklungsphysiologie der Pflanze entscheidend steuern. Die schwächere Atmung muß andererseits dazu führen, daß die Energieerzeugung der Polyploiden geringer ist als die der Diploiden. Der polyploiden Pflanze steht daher an den Stellen starken Energieverbrauches wesentlich weniger Energie zur Verfügung als der diploiden. Es ist daher verständlich,

daß die Prozesse der Synthese organischer Substanz sowie der Aufbau neuer Zellen und Organe bei den Polyploiden verlangsamt und gehemmt ist. Wir dürfen demnach also die verminderte Atmungsintensität als eine sehr wichtige Ursache für das trägere Wachstum und die langsamere Entwicklung der Polyploiden ansehen. Ganz besonders interessant und bedeutsam ist es aber, daß sich auch in dem hier vorliegenden Falle eine Fülle der verschiedenartigsten physiologischen Veränderungen bei der polyploiden Pflanze auf einen einzigen Grundfaktor zurückführen läßt, auf den gleichen Grundfaktor, der auch schon bei der Betrachtung des Wasserhaushaltes und der Sexualität als entscheidende Ursache für die teilweise recht verschiedenartigen Veränderungen, die für die Polyploiden charakteristisch sind, angenommen wurde: die Verdoppelung des Zellvolumens.

#### Z u s a m m e n f a s s u n g.

Mit Hilfe des „Uras“ des Botanischen Instituts der Universität Heidelberg wurde die Atmung verschiedener Autopolyploider und der dazugehörigen Diploiden untersucht. Einzelbestimmungen am Fruchtfleisch von Kürbis ergaben bei *Cucurbita maxima* DACH. pro 1 g Trockensubstanz und Zeiteinheit bei den Tetraploiden 72,7% der Atmung der Diploiden; bei *C. pepo* L. betrug die Atmung 61,3% derjenigen der Diploiden; bei Blütenblättern von gelbem Senf (*Sinapis alba* L.) 81,7%. Eine größere Anzahl von Einzelbestimmungen, die dann statistisch ausgewertet wurde, wurde an Blättern von Sprengelrüben (*Brassica rapa* var. *oleifera* METZGER) von rotem Fingerhut (*Digitalis purpurea* L.) und mit Wurzelstücken vom Münchener Bierrettich (*Raphanus sativus* L. var. *major* A. Voss) durchgeführt. Hierbei wurde für die Atmung, bezogen auf gleiche Blattoberfläche, kein Unterschied zwischen Diploiden und Tetraploiden gefunden. Dagegen ergab die Atmung, wenn sie auf gleiche Menge Trockensubstanz bezogen wurde, gesicherte Unterschiede zwischen den beiden Valenzstufen. Die Atmung der Tetraploiden je gleiche Menge Trockensubstanz betrug bei *Digitalis purpurea* 87,6%, bei *Brassica rapa* 78,6% und bei *Raphanus sativus* 82,7% der Atmung der entsprechenden diploiden Formen.

Die Herabsetzung der Atmung infolge der Genomverdoppelung erfolgt in der gleichen Größenordnung wie die Verminderung der relativen Oberfläche der Zellen (relative Oberfläche = Oberfläche : Volumen). Es wird daher angenommen, daß die Verdoppelung des Zellvolumens und die damit verbundene Verkleinerung der relativen Oberfläche die wichtigste Ursache für die Verschlechterung der Atmungsintensität ist. Die Herabsetzung der Atmungsintensität bei Polyploiden ist damit als Sonderfall des RUBNERSCHEN Gesetzes von der Abhängigkeit des Stoffwechsels von der Körpergröße, genauer gesagt von der Körperoberfläche zu erklären.

Abschließend wird versucht, andere charakteristische Veränderungen in der Physiologie der Polyploiden, wie die verringerte Permeabilität, die trägere Stoffleitung und Stoffaufnahme und das langsamere Wachstum polyploider Pflanzen sowie die bessere Lagerfähigkeit triploider Früchte wenigstens zum Teil auf die verringerte Atmung der Tetraploiden zurückzuführen. Da die Verminderung der Atmung andererseits in erster Linie auf eine Verkleinerung der rela-

tiven Oberfläche zurückgeht, lassen sich alle diese Änderungen letzten Endes auf die Verdoppelung des Zellvolumens infolge der Verdoppelung des Genoms zurückführen.

#### Literatur.

1. ANDERSON, G.: Vergleichende Untersuchungen der Assimilationsintensität diploider und tetraploider Gerste. Sv. bot. Tidskr. **37**, 175—199 (1943). — 2. CHEN, S. L. und TANG, P. S.: Studies on colchicine-induced autotetraploid barley. III. Physiological studies. Amer. Journ. Bot. **32**, 177—179 (1945). — 3. EGLE, K. u. A. ERNST: Über die Verwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers für Assimilations- und Atmungsmessungen an Pflanzen. Botanik (im Druck). — 4. EKDAHL, J.: Comparative studies in physiology of diploid and tetraploid barley. Arkiv. Bot. **31** A, 1—45 (1944). — 5. HEILBORN, O.: Reduction division, pollen lethality and polyploidy in apples. Acta horti Bergiani **11** (1935). — 6. JOHANNSEN, W.: Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena 1926. — 7. JUST, G.: Praktische Übungen zur Vererbungslehre. Berlin 1935. — 8. KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Dresden und Leipzig 1940. — 9. LARSEN, P.: The aspects of polyploidy in the genus *Solanum*. II. Production of dry matter, rate of photosynthesis and respiration, and development of leaf area in some diploid, autotetraploid and amphidiploid *Solanums*. K. Danske Vidensk. Selskab. Biol.

Meddedel. **18**, 1—52 (1943). — 10. NEWCOMER, E. H.: A colchicine-induced tetraploid *Cosmos*. Some comparisons with its diploid progenitors. Journ. Heredity **32**, 161—164 (1941). — 11. PIRSCHLE, K.: Quantitative Untersuchungen über Wachstum und „Ertrag“ autopolyploider Pflanzen. Z. f. Vererbgs. **80**, 126—156 (1942). — 12. PIRSCHLE, K.: Weitere Untersuchungen über Wachstum und Ertrag „von Autopolyploiden (2n, 3n, 4n) und ihren Bastarden. Z. f. Vererbgs. **80**, 247—270 (1942). — 13. ROECKL, B.: Nachweis eines Konzentrationshubes zwischen Palisadenzellen und Siebröhren. Planta **36**, 530—550 (1949). — 14. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. I. Feldversuche mit diploiden und autotetraploiden Nutzpflanzen. Züchter **19**, 70—86 (1948). — 15. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. II. Zur Keimungsphysiologie diploider und autotetraploider Nutzpflanzen. Planta **36**, 389—401 (1949). — 16. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. IV. Zum Wasserhaushalt diploider und polyploider Pflanzen. Züchter **19**, 221—232 (1949). — 17. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. V. Zur Sexualität polyploider Pflanzen. Züchter **19**, (1949). — 18. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VI. Zur Zell- und Zellkerngröße von diploiden und polyploiden Pflanzen. Züchter **20**, (1950). — 19. STÄLFELT, M. G.: Kohlen säureassimilation und Atmung von großwüchsigen Polyploiden. Ark. Bot. A **30**, 1—15 (1943). — 20. TEDIN, O.: Biologische Statistik. Handbuch der Pflanzenzüchtung Bd. **1**, 359—394 (1941).

(Aus der Rebenzüchtung des Staatl. Weinbauinstitutes, Freiburg/Br.)

## Selbstungen und Kreuzungen bei der Rebe (Gattung *Vitis*).

### Beobachtungen und Ergebnisse der Jahre 1938—1948.

Von JOHANNES ZIMMERMANN.

Mit 2 Textabbildungen.

Die rebzüchterischen Arbeiten wurden in Freiburg seit 1937 (Zusammenschluß der deutschen Rebzuchtstationen in der Reichsrebenzüchtung) wesentlich erweitert. Dank der langjährigen Vorarbeiten im KWI. für Rebenzüchtung in Müncheberg stand für die Resistenzzüchtung gegen *Plasmopara viticola* (Blattfallkrankheit der Rebe) erblich analysiertes Zuchtmaterial als Pollen, wie auch als Pflanzenmaterial für die nächsten Jahre, zur Verfügung. Die züchterische Aufgabe war, die Resistenzeigenschaften der Müncheberger „Zuchthengste“ mit den Qualitätseigenschaften der wichtigsten in Baden angebauten Edelsorten zu kombinieren. Da in den andern deutschen Zuchtstellen mit den dort gebietseigenen Sorten (vorwiegend Riesling und Silvaner) in gleichem Sinne gearbeitet wurde, konnte die Zahl der zu bearbeitenden Edelsorten auf Gutedel, Blauer Spätburgunder, Ruländer und Traminer beschränkt werden. Der Erbgang der wichtigsten weinbaulichen Eigenschaften dieser Sorten ist noch ungenügend geklärt. Die Untersuchungen von ZWEIFELT, STEINGRUBER, STUMMER und FRIMMEL ZIEGLER, MORIO und SARTORIUS befassen sich vorwiegend mit andern Sorten. Selbstungen von Einzelstöcken und Kreuzungen der erwähnten Sorten sollten daher Unterlagen für die künftigen Kreuzungen mit den Zuchthengsten zur Erzielung qualitativ wertvoller Neuzüchtungen liefern. Infolge der Kriegsverhältnisse konnten nicht alle Sämlingspopulationen bis zum ertragfähigen Alter beobachtet werden. So sind alle Selbstungs- und auch ein Teil der Kreuzungsnachkommenschaften ausgeschlossen. Von den restlichen Kreuzungs-

sämlingen mußten aus arbeitssparenden Gründen schließlich auch die männlichen und ertragsarmen Stöcke entfernt werden. Durch diese Maßnahme wurde zwar der Forschungsplan sehr stark beschnitten, aber die für die weitere Züchtung aussichtsreichen Sämlinge konnten erhalten werden.

#### I. Selbstungen der *vinifera*-Sorten.

Das Samenmaterial der Selbstungen wurde von uneingetüteten Gescheinen (Freiblüte) gewonnen. Nun sind zwar nach SCHERZ die selbstfertilen Rebsorten nicht obligat autogam. Jedoch standen die samenliefernden Einzelstöcke in großen, sortenreinen Anlagen, so daß infolge räumlicher Isolierung sortenfremder, (wenn auch nicht vollständig stockfremder) Pollen bei der Befruchtung ausgeschlossen war. Bei Gutedel kommt infolge später Blütezeit noch eine zeitliche Isolierung dazu. Mit dieser Einschränkung wird im folgenden von Selbstungen gesprochen.

Die samenliefernden Einzelstöcke waren die gleichen, die im Rahmen der Klonenzüchtung zur Vermehrung ausgelesen wurden. Neben der Klonenprüfung in rein weinbaulichem Sinne war eine Erbanalyse geplant, um später erblich genau bekanntes Zuchtmaterial zur Verfügung zu haben. Um die Sämlingspopulationen möglichst vielseitig auszuwerten, wurden noch folgende Fragen bearbeitet, die im bejahenden Falle für die Selektion der Edelsorten, wie für die Bewertung von Sämlingen wichtig sein können.

1. Zeigen die Einzelstöcke einer Sorte wesentliche Unterschiede in der Keimfähigkeit und sind diese konstant?