

marinen Fauna ERNST HAECKEL zu resignieren: Wir sprechen nur dann von einer „guten Art“, wenn wir sie schlecht kennen!

Um den von BITTER bereits vor 50 Jahren geprägten und für diese in der Provinz Catamarca endemische Species treffenden Namen *S. catamarcae* den botanischen Nomenklatur-Regeln entsprechend Gültigkeit zu verschaffen, behalte ich mir vor, in Kürze in meiner Abhandlung über „Die Wild- und Primitiv-Kartoffeln Argentiniens“ die lateinische Diagnose der Species nachzuholen.

Summary

Based on field studies in the Argentinian and Bolivian high mountains during the last 7 years, the author continues his series of critical remarks on the taxonomy of Argentine wild potatoes. The present publication Nr. VI is dedicated to the group *Alticola* (= *Megistacroloba*), with the Argentine species *S. alticolum*, *tilcareense*, *megistacrolobum*, *xanthotrichum*, *catamarcae* (= *sanctae rosae*). The author found that the above mentioned species have the common number $2n = 24$ of chromosomes. A high frostresistance was observed in the whole series *Alticola* in the natural habitats, resisting in blossom estate snowfall and nightfrosts.

According to the author one should maintain the taxons *alticolum* and *megistacrolobum* created by

BITTER, whilst the new names, as *tilcareense*, *xanthotrichum*, *sanctae-rosae* created by HAWKES during the last decade are merely synonyms of BITTER's species. Especially the last name should be suppressed in favor of the previous term *S. catamarcae*, proposed 50 years ago by BITTER (see Herbar of Field Museum) for this typical endemic species of the mountains of the Prov. Catamarca.

Literatur

1. BITTER, G.: Solana nova vel minus cognita. Feddes Repert. Spec. Nov. **12**, Berlin 1913. — 2. BRÜCHER, H.: Cytologische und ökologische Beobachtungen an nord-argentinischen *Solanum*-Arten der Sektion Tuberarium. Der Züchter, **24**, 281—295 (1954). — 3. BRÜCHER, H.: Kritische Betrachtungen zur Nomenklatur argentinischer Wildkartoffeln. III. Die Serie *Cuneoalata*. Der Züchter **27**, 77—80 (1957). — 4. BRÜCHER, H.: Kritische Betrachtungen zur Nomenklatur argentinischer Wildkartoffeln. V. Die Serie *Acaulia*. Der Züchter **29**, 149—156 (1959). — 5. BUKASOV, C. M.: Sistema vidov kartofelja. Problemy Botaniki 317—326 (1955). — 6. CARDENAS u. HAWKES: New and little known wild potato species from Bolivia and Peru. J. Linn. Soc. **53**, 91—108 (1945). — 7. HAWKES, G.: New *Solanum* species in sub-section *Hyperbasarthrum* Bitter. Ann. Mag. Nat. Hist. **7**, 689—710 (1954). — 8. HAWKES, G.: A Revision of the Tuber-bearing *Solanums*. Annual Rep. Scott. Plant Breed. Station, **37**, 101 (1956). — 9. VARGAS, C.: Las Papas Sudperuanas I. parte. Publ. Univ. Nac. Cuzco 1—44 (1949). — DUNNET, C.: Scottish Plant Breeding Station, Annual Report 1959.

Aus dem Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Göttingen
Direktor: Professor Dr. A. SCHEIBE

Vergleichende Untersuchungen über die CO₂-Aufnahme di- und tetraploider Pflanzen von *Trifolium incarnatum* in Abhängigkeit von Lichtintensität und Temperatur

Von KLAUS WÖHRMANN und HANS MEYER ZU DREWER

Mit 6 Abbildungen

Durch die Möglichkeit, mit Hilfe der Colchicinbehandlung auf experimentellem Wege autotetraploide Pflanzen herzustellen, können Individuen verschiedener Genomstufen innerhalb einer Art auf ihre Leistungseigenschaften geprüft und hinsichtlich ihres physiologischen Verhaltens verglichen werden. In derartigen Arbeiten standen bisher neben Beobachtungen des osmotischen Verhaltens Untersuchungen über Assimilation und Atmung als Grundlage der pflanzlichen Substanzbildung im Vordergrund. In einer Reihe von Arbeiten (LARSEN 1941, 1943; ANDERSSON 1943; STÄLFELT 1943; EKDAHL 1944; CHEN und TANG 1945; SCHWANITZ 1950; STOUT 1954; BEYSEL 1957a) konnte an verschiedenen Objekten festgestellt werden, daß tetraploide gegenüber diploiden Pflanzen im allgemeinen eine geringere Assimilations- und Atmungsintensität aufwiesen, wenn die Trockensubstanz als Bezugsgröße zugrunde gelegt wurde. Bei Berücksichtigung der Blattfläche ergaben sich jedoch nur geringe Differenzen (ANDERSSON 1943; SCHWANITZ 1950). In einer neueren Arbeit zeigte BEYSEL (1957a) an Zuckerrüben, daß es zur Beurteilung der Assimilations- und Atmungs-

intensität polyploider Pflanzen von großer Bedeutung ist, an welcher Generation nach der Colchicinierung die Untersuchungen durchgeführt werden. So wiesen durchgezüchtete polyploide Zuchtstämme und Sorten gegenüber neu colchicinierten Individuen eine erhöhte Assimilation und Atmung auf. Des weiteren wurden beide physiologischen Vorgänge in den einzelnen Genomstufen (2n, 3n, 4n) durch die Anzucht unter verschiedenen Feuchtigkeitsbedingungen des Bodens unterschiedlich modifiziert. Entsprechende veränderte Reaktionsnormen bei di- und tetraploiden Pflanzen fanden auch SCHLÖSSER (1936), GYÖRFFY (1941) und BEYSEL (1957b) für das osmotische sowie ERNST (1941) für das photoperiodische Verhalten. Es liegt daher der Schluß nahe, daß sich auch andere ökologische Faktoren in verschiedener Weise auf die Physiologie von 2n- und 4n-Pflanzen auswirken.

In der vorliegenden Arbeit soll über Versuche berichtet werden, in denen die Abhängigkeit der CO₂-Aufnahme di- und tetraploider Pflanzen von *Trifolium incarnatum* von der Lichtintensität sowie ihre Reaktion auf verschiedene Temperaturen geprüft worden ist.

I. Material und Methode

1. Anzucht der Pflanzen

Als Pflanzenmaterial dienten di- und tetraploide Inkarnatkleestämme, die 1951 durch Auslese bzw. Colchicinierung aus der Sorte „Motterwitzer“ hervorgegangen waren (FUNKE 1956) und die seitdem alljährlich angebaut wurden.

Die Aussaat erfolgte im Herbst im Gewächshaus, dessen Temperatur während der Anzucht in einem Bereich von 10–15° C eingestellt war. Die Untersuchungen wurden an Blättern durchgeführt, die an der Pflanze belassen waren. Am Vorabend des Versuchstages kamen die Pflanzen in einen verdunkelten thermokonstanten Raum. Der Grad der Wasser-sättigung hat bekanntlich einen entscheidenden Einfluß auf die Bewegung der Stomata und damit auf den CO₂-Gaswechsel (PISEK und WINKLER 1953). Um gut reproduzierbare Werte bei den verschiedenen Versuchsreihen zu erhalten, stellten wir die Töpfe in Gefäße mit Wasser, in denen sie auch während der Versuchsdauer verblieben.

2. Versuchsanlage

Für die Messung der CO₂-Aufnahme unseres Versuchsobjektes unter Laborbedingungen stand uns ein Gasanalysengerät, der Leitfähigkeitsschreiber der Firma Wösthoff/Bochum zur Verfügung, dessen Arbeitsweise bereits von RÜSCH (1955) eingehend beschrieben worden ist und der in letzter Zeit unter anderen von PRINZ ZUR LIPPE (1956) sowie von SCHEIBE und MEYER ZU DREWER (1958) zu Messungen des CO₂-Gaswechsels herangezogen worden ist.

Von den 12 Meßstellen des Gasanalysengerätes wurden 6 zur Messung des CO₂-Gehaltes der in die Versuchskammer einströmenden Außenluft verwendet. Die restlichen dienten der Bestimmung der CO₂-Menge in der Luft, die die mit dem Versuchsmaterial beschickten Küvetten passiert hatte. Aus der Differenz zwischen beiden Werten ergab sich die von den Blättern aufgenommene CO₂-Menge. Wegen der relativ langen Meßzeit von 5 Minuten je Meßstelle konnte bei dieser Anordnung 1 Wert je Stunde und Kammer gewonnen werden. Durch Verringerung der Kammerzahl und entsprechende Schaltung waren wir jedoch in der Lage, pro Zeiteinheit eine größere Anzahl Meßwerte zu erhalten.

Die CO₂-Aufnahme der Blätter wurde mit Ausnahme einiger Vorversuche von 9 bis 19 Uhr kontinuierlich festgestellt; die Messungen wurden mit n/200 NaOH durchgeführt.

Von den Versuchspflanzen wurde je ein Blatt in eine Plexiglas-küvette eingeschlossen. Der Aufbau der Kammer, deren Prinzip aus der Arbeit von PRINZ ZUR LIPPE (1956) entnommen und für unsere Zwecke modifiziert wurde, geht aus Abb. 1 hervor. Im Gegensatz zum genannten Autor haben wir den Abdichtungsschlauch aus PVC (a) auf die Grundplatte (b) aufgeklebt. Der Deckel (c) konnte mit Hilfe von Stahlklammern (d) schnell und sicher luftdicht aufgeklemt werden. Die Luft wurde durch den die Küvette begrenzenden Schlauch (a) geleitet, gelangte durch feine Poren in den Assimilationsraum und auf entsprechendem Weg zur Meßapparatur. Die Aufhängung der Kammer erfolgte am Luftabfuhrschlauch (e). Die Kammerhöhe war ent-

sprechend der Pflanzenentwicklung verstellbar. Die Blattspreiten konnten senkrecht zum auffallenden Licht ausgerichtet werden.

Entsprechend den Forderungen von EGGLE und SCHENK (1953), TRANQUILLINI (1954) und BOSIAN (1955) hielten wir den Assimilationsraum möglichst klein und paßten ihn, um toten Raum zu vermeiden, etwa der Form der Inkarnatkleelblätter an. Dünne

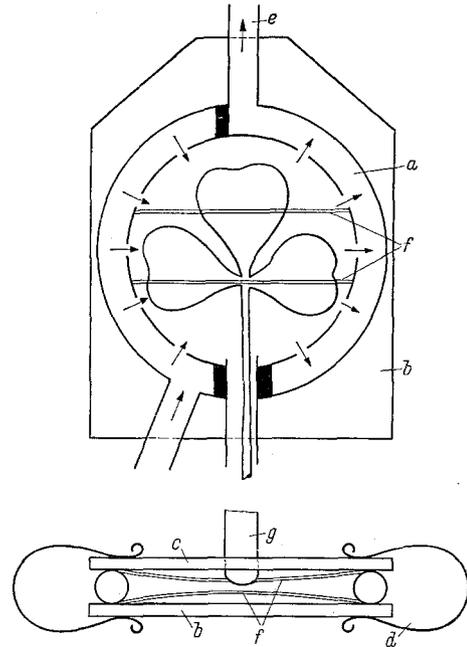


Abb. 1. Assimilationskuvette in Grund- und Aufsicht. Erläuterung im Text.

Plexiglasstäbe (f) auf Küvettenboden und -deckel verhinderten, daß die Blattspreiten sich den Kammerwänden anlegten. Mit Vaseline bzw. einem Vaseline-Paraffingemisch konnten die Kammern an den Eintrittstellen der Stengel luftdicht abgeschlossen werden.

Die von uns verwendete Versuchsanlage ist in Abbildung 2 schematisch wiedergegeben. In allen Versuchen verwandten wir Außenluft, die mittels einer Kapselpumpe (a) der Versuchsanlage zugeführt wurde. Mit Hilfe von 12 selbstgebaute und eudiometrisch geeichte Flüssigkeitsmanometern (f) waren wir in der Lage, wahlweise 10, 20 bzw. 30 l Luft je Stunde durch die Versuchsküvetten zu schicken. In der Regel benutzten wir eine Luftmenge von 30 l je Stunde, nur ausnahmsweise bei sehr geringem CO₂-Verbrauch durch die Blätter geringere Mengen.

Um eine übermäßige Ansammlung von Kondenswasser zu vermeiden, brachten wir die den Kammern zugeführte Luft stets auf eine relative Feuchtigkeit von 70%, indem wir den Luftstrom in einem Wasserthermostaten (b) bei einer gegenüber der Versuchstemperatur entsprechend erniedrigten Temperatur über angefeuchteten Tonscherben (c) mit Wasser sättigten.

Die Versuchstemperatur lag mit Ausnahme der besonderen Temperaturversuche bei 22° C. Der zur Verfügung stehende thermokonstante Dunkelraum ermöglichte eine Konstanz der Küvetten-temperatur von $\pm 0,5^\circ$ C. Gemessen wurde die Lufttemperatur in den Küvetten mittels eines in deren Deckel eingebauten Thermometers (Abb. 1, g). Ein starker, dauernd arbeitender Ventilator (Abb. 2, k)

hielt die Luft im Untersuchungsraum in Bewegung und sorgte für eine ausreichende Abfuhr der Lampenwärme. Es ist allerdings anzunehmen, daß die Temperatur der in den Küvetten eingeschlossenen Blätter über der Küvettenlufttemperatur lag.

Als Lichtquellen dienten zwei Quecksilberhochdrucklampen (HQL 2000, 400 W) mit Aluminiumreflektor („Radial“-Breitstrahler). Durch Veränderung des Lampenabstandes von den Küvetten konnte

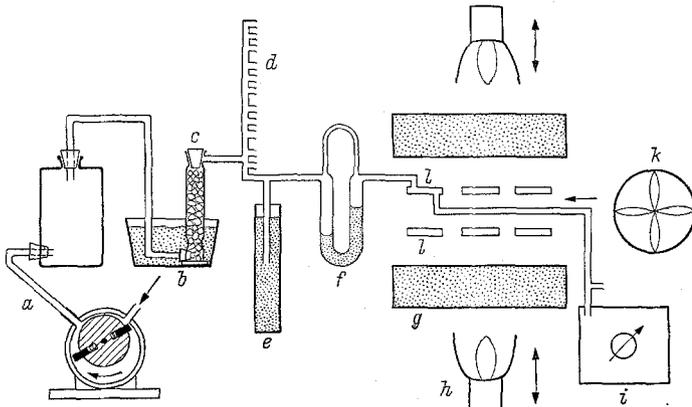


Abb. 2. Schema der Versuchsanlage. a) Pumpe mit Windkessel, b) Wasserthermostat, c) Turm mit feuchten Tonscherben, d) Verteiler für 12 Anlagen, e) Wasserventil, f) Flüssigkeitsmanometer, g) Wasserfilter, h) Lichtquelle, i) Gasanalysengerät, k) Ventilator, l) Assimilationsküvetten.

die Lichtintensität beliebig variiert werden. Die Ausleuchtung des Lichtfeldes zeigte nur geringe Schwankungen, die vor allem im optimalen Bereich nicht ins Gewicht fielen und zudem durch zufallsgemäße Verteilung der 2n- und 4n-Pflanzen ausgeglichen wurden. Die Messung der Lichtintensität erfolgte mit einem Luxmeter. Zur Absorption der Wärmestrahlen der Lampen bewährten sich Wasserfilter (g) von 30 cm Stärke (dest. Wasser). Zur Vermeidung von Algenwachstum wurde dem Wasser 10 g/l Borax zugesetzt.

3. Auswertung der Meßergebnisse

Als Bezugsgröße wählten wir sowohl Frisch- und Trockensubstanz als auch Blattfläche und Blattvolumen. Aus arbeitstechnischen Gründen war es uns nicht möglich, von jedem untersuchten Blatt die Blattdicke zu messen. Wir verwandten daher für die Berechnung einen Relativwert, den wir durch Blattdickenmessung von je 50 di- und tetraploiden Pflanzen erhielten. Setzten wir die Blattdicke diploider Blätter gleich 1, so ergab sich für die tetraploide Stufe ein Faktor von 1,2.

Die vom Linienkompensationsschreiber in Vol.-% angegebenen Werte wurden auf mg CO₂/Std. umgerechnet und die relativierten Mittelwerte nach WEBER (1957) statistisch geprüft. Zur Ermittlung der p-Werte diente die bei KUCKUCK und MUDRA (1950) angegebene Tafel.

II. Versuchsergebnisse

A. Vorversuche

1. *Der Tagesverlauf der Kohlendioxydaufnahme:* In unseren Untersuchungen haben wir die CO₂-Aufnahme durch die Blätter kontinuierlich während eines Belichtungszeitraumes von 10—11 Stunden ge-

messen. In den Lichtintensitäts- und Temperaturversuchen variierten wir innerhalb dieses Zeitraumes die Beleuchtungsstärke bzw. die Temperatur. Eine solche Versuchsanordnung setzt aber einen konstanten Tagesverlauf der CO₂-Aufnahme durch die Pflanze voraus. Nur wenn die CO₂-Assimilation unter konstanten Außenbedingungen während der gesamten Versuchszeit keine Schwankungen aufweist, ist es zulässig, die Wirkung verschiedener Lichtintensitäten und Temperaturen während einer Beleuchtungsperiode an einem Blatt zu messen.

Eine gleichbleibende CO₂-Aufnahme durch die Pflanze während mehrerer Stunden beschreiben bereits EGLE und SCHENK (1953). BÖHNING (zit. b. THOMAS 1955) stellte an Apfelblättern nach Anzucht unter normalen Bedingungen bei kontinuierlicher Beleuchtung einen konstanten Gaswechsel über 6 Tage fest. STRUGGER und BAUMEISTER (1951) fanden zwar an abgeschnittenen Blättern während der Versuchszeit eine ständige Abnahme der CO₂-Aufnahme, an abgeschnittenen Zweigen war dagegen erst nach 1—2 Tagen eine Abnahme festzustellen.

Der Tagesverlauf der CO₂-Aufnahme von Blättern di- und tetraploider Inkarnatkleepflanzen geht aus Abbildung 3 hervor. Die CO₂-Werte sind in Vol.-% angegeben. Unter Einfluß von konstantem Licht (18000 Lux) und gleichbleibender Temperatur (22° C) sowie bei maximaler Wassersättigung des Versuchsmaterials steigt die Kurve nach Überwindung des Kompensationspunktes zunächst stetig an, um nach etwa einer Stunde diejenige CO₂-Menge zu erreichen, die bis auf unbedeutende Schwankungen während des ganzen Tagesablaufes von den Blättern aufgenommen wird. Beide Genomstufen verhalten sich, abgesehen von der absoluten Größe der Werte, gleich.

Der relativ lange Anstieg der Kurven nach Einschalten des Lichtes bis zum Erreichen des Maximalwertes wird bereits von EGLE und SCHENK (1951, 1953), STRUGGER und BAUMEISTER (1952), BAUMEISTER (1952) und STOY (1953) beschrieben und diskutiert. Eine Anzeigeverzögerung, bedingt durch Meßapparatur oder Versuchsanlage, kann in unserem

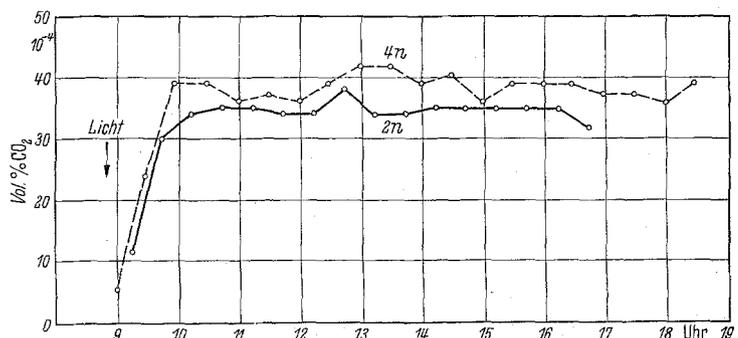


Abb. 3. Tagesverlauf der CO₂-Aufnahme (in Vol.-%) eines Blattes einer 2n- und 4n-Inkarnatkleepflanze.

Fall kaum zur Erklärung herangezogen werden, da innerhalb von 2 Minuten nach Ausschalten des Lichtes (Meßverzögerung des Apparates) stets die Atmung angezeigt wurde und der Schreiber bei Veränderung der Lichtintensität nach gleicher Zeitspanne eine Veränderung im CO₂-Gehalt der Versuchsluft registrierte.

Auf Grund dieser Versuchsergebnisse schien es uns berechtigt zu sein, nach dem Erreichen konstanter

Meßwerte die licht- und temperaturabhängige Kohlendioxydaufnahme während des ganzen Tages zu prüfen.

2. *Der Einfluß des Alters der Blätter auf die Meßergebnisse:* Neben den durch die Versuchsanlage bedingten Fehlern und der genetischen Variabilität, die durch den Fremdbefruchter *Trifolium incarnatum* zwangsläufig gegeben ist, kann sich auch das Alter der untersuchten Blätter auf die Streuung der Meßergebnisse auswirken. Nach SINGH und LAL (1953) steigt die Photosynthese bis zur Reife der Blätter auf ein Maximum an, um dann mit zunehmendem Alter wieder abzufallen. Über entsprechende Ergebnisse berichten auch FREELAND (1952) und RICHARDSON (1957).

Um nachzuprüfen, in welchem Maße die CO₂-Aufnahme durch das Alter der Blätter unseres Versuchsmaterials variiert wird, stellten wir die aufgenommene Kohlendioxydmenge vom 3. und 6. Blatt eines Triebes fest, jeweils vom apikalen Ende her gerechnet. Das 3. Blatt war in diesen Fällen bereits voll entfaltet und ausgewachsen. Die relativierten Mittelwerte der an 10 Pflanzen durchgeführten Messungen sind in Tab. 1 aufgeführt. Sie zeigen, daß die aufgenommene CO₂-Menge der älteren Blätter niedriger ist als die der jüngeren Blätter. Die Differenzen zwischen dem untersuchten jüngsten und ältesten Blatt sind bei den 4n-Pflanzen größer als bei den 2n-Pflanzen, und zwar einheitlich bei allen drei gewählten Bezugsgrößen.

Tabelle 1. *Aufgenommene CO₂-Menge in mg/Stunde junger und alter Blätter eines Triebes von 4n- und 2n-Inkarnatkleepflanzen. Die Werte stellen Mittelwerte von Messungen an jeweils 10 Pflanzen dar.*

Bezugsgröße	Genomstufe	3. Blatt mg CO ₂ /h	6. Blatt mg CO ₂ /h	Differenz zwischen 3. u. 6. Blatt
cm ² Blattfläche	4n	0,1580	0,1076	0,0404
	2n	0,1548	0,1388	0,0160
g Trockensubst.	4n	61,01	44,06	16,95
	2n	69,56	57,07	12,49
g Frischsubst.	4n	8,86	6,53	2,33
	2n	12,59	10,68	1,91

Diese Ergebnisse entsprechen den Erfahrungen, die BEYSEL (1957a) an Zuckerrüben machte. In seinen Versuchen übertraf allerdings die Variabilität innerhalb einer Pflanze die Streuung zwischen den Individuen eines Stammes, während in unseren Versuchen die genetischen Unterschiede innerhalb der Stämme sich bedeutend stärker auf die Variabilität der Meßwerte auswirkten (Näheres siehe unten). Um den Einfluß des Blattalters auf die Meßergebnisse weitestgehend zu reduzieren, verwendeten wir für unsere weiteren Untersuchungen jeweils das 4. bis 5. Blatt eines Triebes.

3. *Die Bezugsgrößen:* Bei der Auswertung unserer Meßergebnisse bezogen wir die von den Blättern aufgenommene CO₂-Menge außer auf Frischsubstanz, Blattvolumen und Blattfläche auch auf das absolute Trockengewicht der Blätter. Wir verwendeten alle vier Bezugsgrößen, da andere Autoren beim Vergleich verschiedener Polyploidiestufen zu recht unterschiedlichen Resultaten kamen, deren Gründe oft lediglich in einem anderen Bezugssystem zu suchen sind. Für vergleichende Untersuchungen an di- und

tetraploiden Pflanzen erscheint uns allerdings das Blattvolumen am geeignetsten, da hier sowohl die Fläche als auch die unterschiedliche Blattdicke beider Genomstufen berücksichtigt werden.

In Versuchen mit kontinuierlicher CO₂-Bestimmung ergibt sich eine Schwierigkeit bei Verwendung der absoluten Trockensubstanz als Bezugsgröße. Während der 10- bis 11stündigen Versuchsdauer bilden die untersuchten Pflanzen laufend Trockensubstanz. Da beide Genomstufen wahrscheinlich ein unterschiedliches Leistungsvermögen haben, können bei Bestimmung der Trockensubstanz unmittelbar nach Abschluß der Versuche wesentliche Fehler entstehen. Es schien uns daher zweckmäßig, den Trockensubstanzgehalt der Blätter vor Versuchsbeginn als Bezugssystem zu wählen. Dieser Wert war allerdings nur mittelbar festzustellen. Es ist anzunehmen, daß die während der Beleuchtungszeit in den ausgewachsenen Blättern gebildeten Assimilate während der unmittelbar folgenden Dunkelperiode wieder veratmet bzw. abgeleitet werden und daß somit die 24 Std. nach Versuchsbeginn festgestellte Trockensubstanz weitgehend derjenigen zu Versuchsbeginn entspricht.

Um diese Frage zu prüfen, entfernten wir an insgesamt 10 Blättern von Pflanzen beider Genomstufen vor der Beleuchtung eines der Fiederblätter des dreigeteilten Blattes und bestimmten die Trockensubstanz. Gleichermaßen verfuhrten wir nach einer Beleuchtungszeit von 10 Stunden und nach der ihr folgenden Dunkelperiode mit den restlichen beiden Fiederblättern. Wie Tab. 2 zeigt, nimmt erwartungsgemäß die Trockensubstanz je cm² durch eine 10stündige Beleuchtung um etwa 50% des Ausgangswertes zu, um in der folgenden Dunkelperiode wieder etwa den Anfangswert zu erreichen. Es ist also durchaus zulässig, die Trockensubstanzwerte unseres Untersuchungsmaterials erst an dem dem Versuchstag folgenden Morgen zu bestimmen.

Tabelle 2. *Trockensubstanz in g/cm² von Fiederblättern eines Blattes vor der Beleuchtung, nach 10 Std. Beleuchtung und nach der auf diese folgenden 14stündigen Dunkelperiode.*

Genomstufe	Trockensubstanz in g/cm ²		
	vor Beleuchtung	nach 10 Std. Beleuchtung	nach 14 Std. Dunkelheit
2n	0,0020	0,0032	0,0018
4n	0,0022	0,0033	0,0025

B. Hauptversuche

1. *Die lichtabhängige CO₂-Aufnahme:* Zur Bestimmung der lichtabhängigen CO₂-Aufnahme wurde je Versuch von jeder Genomstufe ein Blatt einer Pflanze in die Küvetten eingebaut und gemessen. Obwohl in jedem Versuch am Gasanalysengerät 12 Meßstellen zur Verfügung standen, verwendeten wir nur die Blätter von 2 Pflanzen, da einmal bei einer geringeren Pflanzenzahl eine größere Anzahl Meßwerte je Zeiteinheit erzielt werden konnte, und zum anderen Fehler durch ungleichmäßige Ausleuchtung des Lichtfeldes ausgeschaltet wurden. Die Blätter wurden stets von der Blattoberseite beleuchtet. Die der Lichtquelle abgewandte Küvettenseite war durch Silberpapier vor unkontrolliertem Lichteinfall geschützt. Jeweils vor bzw. nach zwei Blattmessungen wurde die den Blättern zugeleitete Außenluft ge-

messen. Bei einer derartigen Anordnung erzielten wir innerhalb von 45 Minuten je Lichtintensität 3 Meßwerte und waren in der Lage, bei einer Gesamtversuchsdauer von 11 Stunden 13 Lichtintensitäten zu prüfen. Wir verwandten 600, 800, 1000 und 2000 bis 20000 Lux, im letzteren Falle in Intervallen von je 2000 Lux bei einer Versuchstemperatur von $22 \pm 0,5^\circ\text{C}$ und maximaler Wassersättigung der Pflanzen.

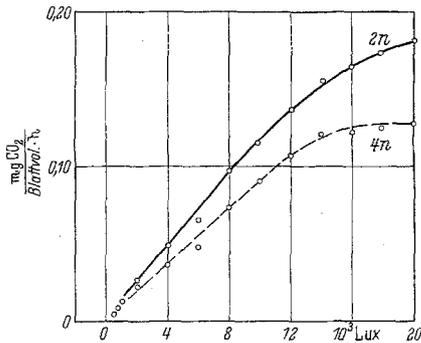


Abb. 4. CO₂-Aufnahme in mg je Blattvolumen und Stunde von Blättern diploider und tetraploider Inkarnatkleepflanzen in Abhängigkeit von der Lichtintensität.

In Abb. 4 sind die Ergebnisse dieser Versuche wiedergegeben. Die je Lichtintensität aufgeführten Werte stellen Mittelwerte von 8 an verschiedenen Versuchstagen gemessenen Pflanzen jeder Genomstufe dar. Die von den Blättern aufgenommene CO₂-Menge ist in mg je Blattvolumen und Stunde angegeben. Für beide Genomstufen lag der Kompensationspunkt etwa bei 500 Lux. Im Bereich des Kompensationspunktes sowie bei niederen Lichtintensitäten ließen sich keine Unterschiede zwischen di- und tetraploiden Pflanzen nachweisen. Mit steigenden Lichtintensitäten laufen die Kurven der 2n- und 4n-Pflanzen aber mehr und mehr auseinander und erreichen bei den höchsten Lichtintensitäten die größte Differenz. Während die 4n-Pflanzen im Mittel bereits bei einer Lichtintensität von 16—18000 Lux das Optimum erreicht haben, ist bei den 2n-Pflanzen auch bei 20000 Lux noch ein Anstieg nachzuweisen.

Dieser für jede Genomstufe typische Kurvenverlauf für die CO₂-Aufnahme trat bei Verwendung aller 4 Bezugsgrößen in Erscheinung. Lediglich die Differenzen zwischen den Mittelwerten waren unterschiedlich. Für die niedrigsten Lichtintensitäten wurden in jedem Falle p -Werte von $>92\%$ errechnet. Gesicherte Differenzen ergaben sich dagegen für eine Beleuchtung von 20000 Lux bei Bezug auf Blattvolumen ($p = 0,18\%$) und Trockensubstanz ($p = 1,4\%$). Bei Wahl von Frischsubstanz ($p = 6,4\%$) und Blattfläche ($p = 15,7\%$) waren die Differenzen statistisch nicht gesichert, wenn eine Irrtumswahrscheinlichkeit von $p = 5\%$ angenommen wird.

Es sei erwähnt, daß innerhalb der gleichen Genomstufe beträchtliche Unterschiede zwischen verschiedenen Individuen auftreten können. So zeigte eine diploide Versuchspflanze bereits bei 14000 Lux optimale CO₂-Aufnahme. Andererseits hatte eine tetraploide Pflanze bei 20000 Lux ihr Optimum noch nicht erreicht, während bei einigen anderen Tetraploiden bereits bei 12000 Lux durch Steigerung der Lichtintensität keine Erhöhung der CO₂-Aufnahme mehr erzielt werden konnte.

Aus unseren Ergebnissen müssen wir zu der Schlussfolgerung kommen, daß beim Inkarnatklees die diploiden Individuen offenbar in der Lage sind, bei der CO₂-Aufnahme erhöhte Lichtintensitäten bedeutend besser auszunützen als die zugehörigen tetraploiden Formen. Dies ist um so erstaunlicher, als nach STÄLFELT (zit. b. LUNDEGÅRDH 1957) in dicken Blättern die unteren Chloroplasten bei niederen Lichtintensitäten zunächst weniger Licht bekommen. Erst bei hohen Intensitäten erhalten auch sie eine optimale Menge. Die CO₂-Aufnahme der dickeren Blätter unserer tetraploiden Inkarnatkleepflanzen müßte also länger ansteigen als bei den diploiden. Unsere Befunde stehen mit dieser Vorstellung jedoch nicht in Einklang.

2. Die Abhängigkeit der Kohlendioxydaufnahme von der Temperatur: Um bei optimaler Beleuchtungsstärke zu arbeiten, die nach unseren Befunden beim Inkarnatklees etwa bei 2×10^4 Lux liegt, wurden bei den folgenden Temperaturversuchen Blattober- und Blattunterseite gleichzeitig beleuchtet, so daß insgesamt Intensitäten von > 20000 Lux appliziert wurden. Die CO₂-Aufnahme wurde im Bereich von 10° bis 40°C mit Intervallen von 5°C geprüft. Trotz erheblicher Frostgrade der Außentemperatur im Dezember und Januar konnten tiefere Temperaturen als $+10^\circ\text{C}$ im physiologischen Dunkelraum mit den uns zur Verfügung stehenden Mitteln nicht erreicht werden. Aus gleichen Gründen wurden selbst $+10^\circ\text{C}$ nur in wenigen Fällen erzielt. Es konnten daher bei dieser Temperatur nur 4 Pflanzen je Genomstufe gegenüber 18 bei höheren Temperaturen gemessen werden.

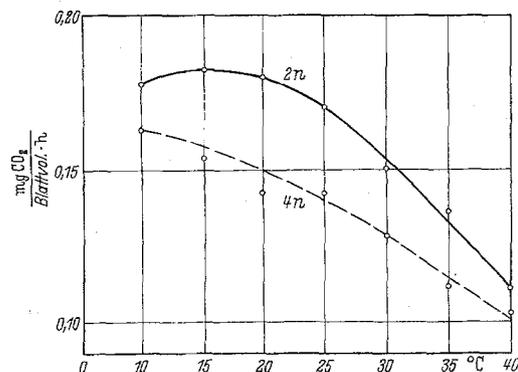


Abb. 5. CO₂-Aufnahme in mg je Blattvolumen und Stunde von Blättern diploider und tetraploider Inkarnatkleepflanzen in Abhängigkeit von der Temperatur.

In Abb. 5 ist die Abhängigkeit der Kohlendioxydaufnahme von der Temperatur dargestellt. Die mg CO₂-Werte sind auf das Blattvolumen bezogen. Die Kurve der diploiden Pflanzen zeigt zunächst einen Anstieg mit einem Maximum bei $15\text{—}20^\circ\text{C}$, um dann ständig auf 40°C abzufallen. Demgegenüber zeigt das Kurvenbild der tetraploiden Pflanzen kein derart ausgeprägtes Maximum in den untersuchten Temperaturbereichen. Es ist vielmehr anzunehmen, daß das Optimum der CO₂-Aufnahme bereits bei Temperaturen bis 10°C erreicht worden ist. Der Abfall der CO₂-Aufnahme bei zunehmender Temperatur verläuft bei den Tetraploiden aber nicht so steil wie bei den Diploiden. Die geringsten Differenzen zeigen die beiden Kurven bei einer Temperatur von 10° und 40°C , die größte bei 20°C . Stets liegen die Werte der tetraploiden Pflanzen unter denjenigen der diplo-

iden. Die statistische Auswertung der Versuchsergebnisse ergab eine sehr gute Sicherung ($p < 0,1\%$) für die Temperaturstufe von 20° C, weniger gute und zum Teil nicht gesicherte Differenzen für die übrigen Temperaturbereiche. Die tetraploiden Pflanzen sind offenbar in der Lage, bei Temperaturen unter 15° C noch maximale Mengen an CO₂ aufzunehmen, während gleiche Temperaturen sich bei den diploiden bereits nachteilig auswirken. Auf einen Temperaturanstieg reagieren in bezug auf den Abfall der CO₂-Aufnahme die Tetraploiden langsamer als die Diploiden.

Wie bei den Lichtsteigerungsversuchen bezogen wir die Meßwerte außer auf das Blattvolumen auch auf Frisch- und Trockensubstanz. Die Werte der Tetraploiden lagen auch hier stets unter denjenigen der Diploiden und ergaben bei 20° C gesicherte Differenzen. Bei Wahl der Blattfläche als Bezugsgröße ließ sich jedoch für keine Temperaturstufe eine gesicherte Differenz errechnen.

3. Die CO₂-Aufnahme in verschiedenen Entwicklungsstadien der Pflanzen: Um die in beiden Versuchsreihen bei optimaler Lichtintensität (> 20000 Lux) und 22° C festgestellten Unterschiede zwischen den Stämmen der beiden Genomstufen an einem größeren Pflanzenmaterial zu prüfen und zu sichern, untersuchten wir von jeder Genomstufe 27 Pflanzen in 2 verschiedenen Entwicklungsstadien. Gleichzeitig sollte damit geklärt werden, ob die Kohlendioxidaufnahme in den untersuchten Stadien der Ontogenese verschieden ist. Als kritische Stadien wählten wir den Zeitpunkt des „Schossens“ und das Knospenstadium. Dabei ergab sich, daß in beiden Stadien die 2n- den 4n-Pflanzen in der aufgenommenen CO₂-Menge gesichert ($p < 0,1\%$) überlegen waren, wenn wir das Blattvolumen bzw. die Frisch- oder Trockensubstanz als Bezugsgröße zugrunde legten (Tab. 3).

Tabelle 3. Aufgenommene CO₂-Menge/Stunde von di- und tetraploiden Inkarnatkleeepflanzen im „Schoß“- und Knospenstadium. (Mittelwerte von je 27 Individuen).

Bezugsgröße	Genomstufe	mg CO ₂ /h „Schoßstadium“	p-Wert %	mg CO ₂ /h Knospenstadium	p-Wert %	relativ („Schoßst.“ = 100)
cm ³ Blattvolumen	4n	0,1111	< 0,1	0,1385	< 0,1	124,7
	2n	0,1430		0,1800		125,9
cm ² Blattfläche	4n	0,1400	> 92	0,1700	10,4	121,4
	2n	0,1430		0,1800		128,5
g Trockensubstanz	4n	49,48	< 0,1	54,10	< 0,1	109,3
	2n	60,85		67,66		111,2
g Frischsubstanz	4n	8,21	< 0,1	9,19	< 0,1	111,9
	2n	10,91		12,66		116,0

Lediglich bei der Blattfläche als Bezugsgröße konnten keine Unterschiede nachgewiesen werden ($p > 92\%$ bzw. $p = 10,4\%$).

Wie aus Tab. 3 weiter zu ersehen ist, nimmt die Fähigkeit di- und tetraploider Pflanzen, CO₂ aufzunehmen, mit dem Alter zu. Auch in diesen Versuchen wurden stets junge, aber ausgewachsene Blätter für die Versuche verwandt. Die Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Stadien sind mit einem p -Wert von < 0,1% statistisch sehr gut ge-

sichert. Wird die im „Schoßstadium“ aufgenommene CO₂-Menge gleich 100 gesetzt, so ergeben sich im Knospenstadium für die Diploiden etwas größere Relativwerte als für die Tetraploiden. Die nur geringen Differenzen lassen aber kaum einen Schluß auf unterschiedliche Aktivitäten in den beiden Entwicklungsstadien zu.

Die individuelle Variabilität der CO₂-Aufnahme während des „Schoßstadiums“ innerhalb unseres Untersuchungsmaterials ist in Abb. 6 wiedergegeben. Die CO₂-Meßwerte wurden hier wiederum

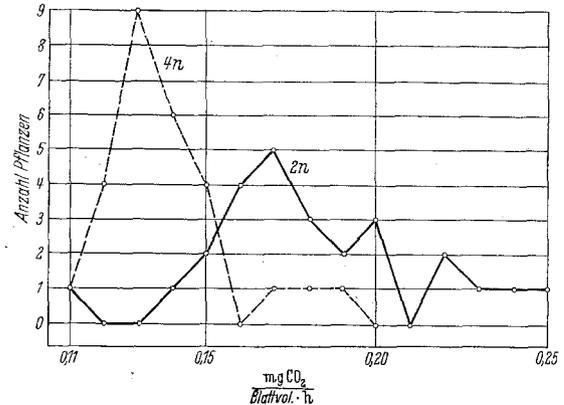


Abb. 6. Die Variabilität der CO₂-Aufnahme in mg je Blattvolumen und Stunde von Blättern diploider und tetraploider Inkarnatkleeepflanzen.

auf das Blattvolumen bezogen. Für die übrigen Bezugsgrößen ergaben sich ähnliche Verteilungen. Überraschend ist die große Variabilität des diploiden Materials. Mit $\sigma = \pm 0,0327$ zeigt es eine viel größere Streuung als die 4n-Pflanzen ($\sigma = \pm 0,0180$), obwohl die von uns untersuchten 2n- und 4n-Stämme jeweils auf eine Ausgangspflanze zurückzuführen sind und auf Grund bisheriger Erfahrungen entgegengesetzte Verhältnisse angenommen werden müßten.

Die große Streuung zeigt weiter, daß die oben (S. 267) ausgeführten unterschiedlichen physiologischen Zustände der untersuchten Blätter (3.—6. Blatt) keinen entscheidenden Einfluß auf die für die Stämme typischen Mittelwerte haben.

Aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen kann auf keinen Fall eine Schlußfolgerung auf das photosynthetische Leistungsvermögen der untersuchten di- und autotetraploiden Stämme gezogen werden, da eine Messung der CO₂-Aufnahme allein noch keine derartigen Schlüsse erlaubt. Es sei lediglich darauf hingewiesen, daß auch in Feldversuchen der zu den hier wiedergegebenen Laboruntersuchungen herangezogene 4n-Stamm in seiner Trockensubstanzproduktion den diploiden Stämmen und Sorten unterlegen war. In der vorliegenden Arbeit lag uns vielmehr daran, im Anschluß an die Befunde von BEYSEL (1957a) zu zeigen, daß physiologische Prozesse in Pflanzen verschiedener Genomstufen auf veränderte Umweltbedingungen recht unterschiedlich zu reagieren vermögen. Es ist anzunehmen, daß auch andere Faktoren, die die Photosynthese und Substanzbildung generell beeinflussen, entsprechende Reaktionen zeigen. Unter diesen Umständen wird es verständlich, daß tetraploide Pflanzen möglicherweise ihr Leistungsoptimum unter anderen ökologischen Bedin-

gungen finden können als die zugehörigen diploiden Formen. Derartige Verhältnisse sind z. B. aus der praktischen Polyploidiezüchtung der Zuckerrübe bekannt (BEYSEL, 1957a). Es dürfte daher für die Polyploidiezüchtung von ausschlaggebender Bedeutung sein, in jedem Einzelfall die optimalen ökologischen Bedingungen für die autotetraploiden Formen bestimmter Kulturpflanzenarten zu ermitteln.

III. Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurde der Einfluß von Lichtintensität und Temperatur auf die CO₂-Aufnahme von di- und autotetraploiden Inkarnatkleepflanzen (*Trifolium incarnatum*) geprüft. Hierdurch sollten weitere Kenntnisse über die Reaktionen von Pflanzen verschiedener Genomstufen auf veränderte ökologische Bedingungen gewonnen werden. Dabei ergaben sich folgende Versuchsergebnisse:

1. Die von 2n- und 4n-Pflanzen aufgenommene CO₂-Menge ist unter konstanten Versuchsbedingungen nach Erreichen des Maximalwertes während des ganzen Tagesverlaufes nahezu konstant.

2. An ausgewachsenen Inkarnatkleebältern nimmt mit dem Alter der Blätter die CO₂-Aufnahme ab.

3. Bei Prüfung der lichtabhängigen CO₂-Aufnahme wurde für beide Genomstufen der Kompensationspunkt bei etwa 500 Lux festgestellt.

4. Während die Tetraploiden im Mittel bereits bei einer Lichtintensität von 16—18000 Lux das Maximum der CO₂-Aufnahme erreichen, ist bei den Diploiden auch bei 20000 Lux noch ein Anstieg der CO₂-Aufnahme nachweisbar.

5. Bei optimaler Beleuchtung ergibt sich für die Diploiden bei einer Temperatur von 15—20° C ein Maximum der CO₂-Aufnahme, das für die Tetraploiden etwa bei einer Temperatur von 10° C angenommen werden kann.

6. Auf hohe Temperaturen (>25° C) reagieren die 2n-Pflanzen mit einem stärkeren Abfall der aufgenommenen CO₂-Menge als die 4n-Pflanzen.

7. Junge ausgewachsene Blätter von Pflanzen beider Genomstufen zeigen im Knospenstadium eine höhere CO₂-Aufnahme als Blätter gleichen Alters während des „Schossens“ der Pflanzen. Ein für 2n- bzw. 4n-Formen unterschiedlicher Anstieg der Aktivität kann jedoch nicht angenommen werden.

8. Die CO₂-Werte der 4n-Pflanzen liegen in allen Versuchen bei Wahl von Blattvolumen, Frisch- und Trockensubstanz als Bezugsgröße mehr oder weniger gut gesichert unter denjenigen der 2n-Pflanzen. Nur bei Bezug auf die Blattfläche kann keine gesicherte Differenz errechnet werden.

9. Die CO₂-Werte der Individuen des diploiden Stammes zeigen eine größere Variabilität als die des tetraploiden Stammes.

Fräulein SIGRID LUTZ danken wir für gewissenhafte Hilfe bei Durchführung der Versuche sowie bei der Aufarbeitung des Zahlenmaterials.

Literatur

1. ANDERSSON, G.: Vergleichende Untersuchungen der Assimilationsintensität diploider und tetraploider Gerste. Sv. Bot. Tidskr. 37, 175—199 (1943). — 2. BAUMEISTER, W.: Zur Anwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers für CO₂-Assimilationsmessungen an abgeschnittenen Blättern im Laboratorium. Ber. dtsh. Bot. Ges. 65, 361—368 (1952). — 3. BEYSEL, D.: Assimilations- und Atmungsmessungen an diploiden und polyploiden Zuckerrüben.

Züchter 27, 261—272 (1957 a). — 4. BEYSEL, D.: Osmotischer Wert und Viskosität des Protoplasmas diploider und polyploider Zuckerrüben. Ber. dtsh. Bot. Ges. 70, 109—120 (1957b). — 5. BOSIAN, G.: Über die Vollautomatisierung der CO₂-Assimilationsbestimmung und zur Methodik des Küvettenklimas. Planta 45, 470—492 (1955). — 6. CHEN, S. L. and P. S. TANG: Studies on colchicine-induced autotetraploid barley. III. Physiological studies. Amer. Journ. Bot. 32, 177—179 (1945). — 7. EGLER, K., und W. SCHENK: Die Anwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers in der Photosyntheseforschung. Ber. dtsh. Bot. Ges. 64, 180—196 (1951). — 8. EGLER, K., und W. SCHENK: Untersuchungen über die Reassimilation der Atmungskohlensäure bei der Photosynthese der Pflanzen. Beitr. Biol. Pflz. 29, 75—105 (1953). — 9. EKDAHL, J.: Comparative studies in physiology of diploid and tetraploid barley. Arkiv f. Bot. 31 A, 1—45 (1944). — 10. ERNST, H.: Die photoperiodische Reaktion bei autotetraploiden *Antirrhimum majus* L. Ber. dtsh. Bot. Ges. 59, 351—355 (1941). — 11. FREELAND, R. O.: Effect of age of leaves upon the rate of photosynthesis in some conifers. Plant Physiol. 27, 685—690 (1952). — 12. FUNKE, CH.: Vergleichende morphologische und physiologische Untersuchungen am Pollen diploider und autotetraploider Kulturpflanzen. Ztschr. f. Pflanzenzüchtung 36, 165—196 (1956). — 13. GYÖRFFY, B.: Untersuchungen über den osmotischen Wert polyploider Pflanzen. Planta 32, 15—37 (1941). — 14. KUCKUCK, H., und A. MUDRA: Lehrbuch der allgemeinen Pflanzenzüchtung. Stuttgart 1950. — 15. LARSEN, P.: Vergleich der direkt bestimmten und der aus Messungen der Assimilation und Atmung errechneten Stoffproduktion einjähriger Pflanzenbestände. Planta 32, 343—363 (1941). — 16. 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). — 17. LUNDEGÅRDH, H.: Klima und Boden. 5. Aufl. Jena 1957. — 18. PISEK, A., und E. WINKLER: Die Schließbewegungen der Stomata bei ökologisch verschiedenen Pflanzentypen in Abhängigkeit vom Wasser-sättigungszustand der Blätter und vom Licht. Planta 42, 253—278 (1953). — 19. PRINZ ZUR LIPPE, A.: Über den Einfluß des vorangegangenen Licht-Dunkelwechsels auf die CO₂-Ausscheidung der Primärblätter von *Phaseolus multiflorus* in anschließender Dunkelheit. Ztschr. f. Bot. 44, 297—318 (1956). — 20. RICHARDSON, S. D.: The effect of leaf age on the rate of photosynthesis in detached leaves of tree seedlings. Acta Botanica Neerlandica 6, 445—457 (1957). — 21. RÜSCH, J. D.: Der CO₂-Gehalt bodennaher Luftschichten unter Einfluß des Windschutzes. Ztschr. f. Pflanzenenerg., Düngung und Bodenk. 71, 113—132 (1955). — 22. SCHEIBE, A., und H. MEYER ZU DREWER: Vergleichende Untersuchungen zur Atmungsintensität der Wurzeln unterschiedlicher Genotypen bei Getreidearten. Ztschr. f. Acker- und Pflanzenbau 108, 223—252 (1959). — 23. SCHLÖSSER, L. A.: Frosthärte und Polyploidie. Der Züchter 8, 75—80 (1936). — 24. SCHWANITZ, F.: Untersuchungen an polyploiden Pflanzen. VII. Zur Atmung diploider und autotetraploider Pflanzen. Der Züchter 20, 76—81 (1950). — 25. SINGH, B. N., and K. N. LAL: Investigations of the effect of age on assimilation of leaves. Ann. Bot. 49, 291—307 (1953). — 26. STÄLFELT, M. G.: Kohlensäureassimilation und Atmung großwüchsiger Polyploider. Arkiv f. Bot. 30A, 1 (1943). — 27. STOUT, M.: Some factors that effect the respiration rate of sugar beets. Proc. Americ. Soc. Sug. Beet Techn. 8, 404—409 (1954). — 28. STOV, V.: Action of different light qualities on simultaneous photosynthesis and nitrat assimilation in wheat leaves. Physiol. Plantarum 8, 963—986 (1955). — 29. STRUGGER, S., und W. BAUMEISTER: Zur Anwendung des Ultrarotabsorptionsschreibers für CO₂-Assimilationsmessungen im Laboratorium. Ber. dtsh. Bot. Ges. 64, 5—22 (1951). — 30. THOMAS, M. D.: Effect of ecological factors on photosynthesis. Ann. Rev. Plant. Phys. 6, 135—156 (1955). — 31. TRANQUILLIN, W.: Über den Einfluß von Übertemperaturen der Blätter bei Dauereinschluß in Küvetten auf die ökologische CO₂-Assimilationsmessung. Ber. dtsh. Bot. Ges. 67, 191—204 (1954). — 32. WEBER, E.: Grundriß der biologischen Statistik. 3. Aufl. Jena 1957.