

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne



WARSZAWA 1955



TREŚĆ — SOMMAIRE

Vol. XXIV. Nr 1.

Słabęcka - Szweykowska A.: Wpływ długości fali światła na biogenezę barwnika antocyjanowego w tkance winorośli hodowanej <i>in vitro</i> . — On the influence of the wave length of light on the biogenesis of anthocyanin pigment in the <i>Vitis vinifera</i> tissue <i>in vitro</i>	3
Słabęcka - Szweykowska A.: Wpływ światła na syntezę rubrobrassycyny w kiełkujących roślinach czerwonej kapusty — The influence of light on the biogenesis of rubrobrassicin in seedlings of red cabbage	13
Zurzycki J.: Chloroplasts arrangement as a factor in photosynthesis	27
Domaniński S. i Dzieciółowski W.: Zgnilizny odziomkowe sosny zwyczajnej i ich warunki rozwojowe. Część II. Wpływ warunków glebowych w leśnictwie Dobrygość (nadleśnictwo Rychtal) — Butt rots of Scotch Pine and the conditions of their development. II. Influence of soil conditions in Forestry Dobrygość (Forests of Rychtal, West-Poland)	65
Podgórska J.: Materiały do studium nad geograficzną zmiennością liści bułki (<i>Fagus silvatica</i> L.) w Polsce. I. Analiza populacji bułki na północnym Roztoczu pod względem cechy „ilości nerwów bocznych“ — Zur Frage nach der geographischen Variabilität der Blätter von Buche (<i>Fagus silvatica</i> L.) in Polen. I. Statistische Analyse der Buchenpopulation von Nord-Roztocze hinsichtlich der Anzahl der Seitennerven	95
Frydman I.: Badania nad mykotrofizmem wilczej jagody (<i>Atropa belladonna</i> L.) w naturalnych i sztucznych warunkach rozwoju oraz próby powiązania tego zjawiska z zawartością atropiny. — Atropine contents and mycotrophy of <i>Atropa belladonna</i> L. growing on natural habitats and in culture	109
Piotrowicz M.: Prace wstępne nad produkcją triploidalnych buraków cukrowych (<i>Beta vulgaris</i> L. v. <i>saccharifera</i>). Preliminary experiments in producing triploid sugar beets	125
Bielecki E.: Badania cytologiczno-systematyczne nad <i>Oreochloa disticha</i> Link, <i>Sesleria uliginosa</i> Opiz i <i>S. calcaria</i> Opiz — Cyto-taxonomical studies in <i>Oreochloa disticha</i> Link, <i>Sesleria uliginosa</i> Opiz and <i>S. calcaria</i> Opiz	145
Rychlewski J.: Studia cytologiczno-systematyczne nad <i>Sesleria tatrae</i> Deyl — Cyto-taxonomic studies in <i>Sesleria tatrae</i> Deyl	163
Michalski T.: Studia cytologiczno-morfologiczne nad <i>Phleum commutatum</i> z Tatr — Cyto-morphological study in <i>Phleum commutatum</i> from the Tatra Mts.	181
Kazubowska T.: Badania nad liczbami chromosomów dwóch tatrzańskich gatunków rodzaju <i>Carduus</i> L. — Studies in the chromosome numbers of two species of <i>Carduus</i> L. from the Tatra Mts.	189
Domaniński St.: Nowe stanowisko grzyba <i>Lentinus cyathiformis</i> (Schaeff.) Bres. w Polsce — A new station of <i>Lentinus cyathiformis</i> (Schaeff.) Bres. in Poland	197
Jentyś - Szaferowa J.: Wielopostaciowość liści drzew i jej przyczyny — Polymorphism of Tree Leaves and its Causes	207

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne

Vol. XXIV Nr 1



WARSZAWA 1955

RADA REDAKCYJNA — CONSEIL DE RÉDACTION

B. HRYNIEWIECKI (WARSZAWA), ST. KULCZYŃSKI (WROCŁAW),
B. NIKLEWSKI (POZNAN), FR. X. SKUPIENSKI (ŁÓDŹ),
W. SZAFER (KRAKÓW), P. WISNIEWSKI (LUBLIN),
J. ZABŁOCKI (TORUŃ).

KOMITET REDAKCYJNY — COMITÉ DE RÉDACTION

K. BASSALIK (WARSZAWA), W. GAJEWSKI (WARSZAWA),
A. GAJEWSKA (WARSZAWA)

PANSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE — DZIAŁ CZASOPISM
Warszawa 1, Krakowskie Przedmieście 79.

Nakład 1524 + 102	Oddano do składania 30.XI.1954
Ark. wyd. 18,3, druk. 14,75	Podpisano do druku 15.IV.1955
Papier ilustr. V kl. 70 g.	Druk ukończono w kwietniu 1955
Cena zł 20. —	Zamówienie 572 B-6-3110

Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Sniadeckich 8.

Wpływ długości fali światła na biogenezę barwnika antocyjanowego w tkance winorośli hodowanej *in vitro*

*On the influence of the wave length of light on the biogenesis
of anthocyanin pigment in the Vitis vinifera tissue in vitro*

A. ŚLABĘCKA-SZWEYKOWSKA

WSTĘP

Wśród czynników posiadających istotne znaczenie dla powstawania antocyjanin w roślinach znajduje się także światło. Istnieją wprawdzie nieliczne wyjątki i znane są przykłady tworzenia się antocyjanin w ciemności. Tak na przykład M o l l i s c h (1928) wykazał u przedstawicieli kilku rodzin (*Crassulaceae*, *Balsaminaceae*, *Melastomaceae*, *Compositae*) występowanie barwnika antocyjanowego w wierzchołkach wzrostu korzeni. Kiełkujące rośliny czerwonej kapusty również bez dostępu światła tworzą antocyjaninę. Jak jednak podkreśla K a r s t e n s, w tych przypadkach w organach produkujących barwnik antocyjanowy znajdują się na ogół duże ilości substancji zapasowych, wśród których mogą być pewne związki niezbędne do wytworzenia barwnika. Z drugiej zaś strony, ze względu na ogromne rozpowszechnienie antocyjanin w różnych grupach systematycznych i w różnych warunkach występowania roślin prawdopodobna jest różnorodność mechanizmów syntezy tych barwników. Podobnie jak w przypadku chlorofilu są także wśród roślin wyjątki (główny, mszaki, iglaste) zdolne do syntezy tego barwnika w ciemności.

Dla większości roślin wytwarzających antocyjaniny światło jest niezbędnym czynnikiem syntezy tego barwnika. Przez pewien czas mniemano, że wpływ światła na biogenezę antocyjanin idzie pośrednio poprzez fotosyntezę i łączono tę sprawę z tak zwaną „teorią cukrową“ O v e r t o n a (1899). W bardzo wielu przypadkach istnieje bowiem dość ścisły związek między stężeniem cukrów w tkance a powstawaniem antocyjanin. Zrozumiałe i proste było więc łączenie wpływu światła na powstawanie antocyjanin z gromadzeniem się w soku komórkowym produktów fotosyntezy, jakimi są cukry.

W nowszych czasach jednak coraz bardziej utrwalał się pogląd, że w proces syntezy antocyjanin włączona jest bezpośrednio reakcja foto-

chemiczna (K a r s t e n s 1939, T h i m a n n i E d m o n d s o n 1949, E d d y i M a p s o n 1951). Jeszcze w roku 1908 L i n s b a u e r wykazał w kiełkującej gryce prostą zależność pojawiania się antocyjanowego barwnika od ilości dostarczonego światła (intensywność $\times$ czas).

Niezbędnym etapem badania każdego fotobiologicznego mechanizmu jest stwierdzenie wpływu długości fali światła na przebieg tego procesu, porównanie otrzymanej w ten sposób krzywej aktywności światła z krzywą jego absorpcji przez substancje znajdujące się wewnątrz żywego układu i ewentualna identyfikacja substancji pochłaniającej światło w danym biologicznym procesie. Dla biogenezy antocyjanin istnieją już na ten temat pewne dane. A r t h u r (1932) wykazał, że jabłka czerwienieją tylko w świetle 2900—600 Å, a więc w przedziale widma stosunkowo słabiej czynnym w procesie fotosyntezy, przy czym najbardziej czynny okazał się krótki ultrafiolet — około 2900 Å — oraz światło niebieskie i fioletowe. W i t h r o w i i n n i (1953) stwierdzili u kiełkujących roślin fasoli i kukurydzy znacznie silniejsze tworzenie się antocyjanu w świetle czerwonym niż w niebieskim, przy czym w badaniach swych autorzy ci również wykluczyli czynnik fotosyntezy. Te sprzeczne z sobą wyniki, jak również sprzeczne wyniki różnych badań odnoszące się do innych momentów biogenezy antocyjanin, świadczą, iż u roślin istnieje więcej niż jeden tylko typ biogenezy tych barwników.

Niniejsza praca poświęcona jest zbadaniu wpływu różnych odcinków widma światła widzialnego na proces syntezy antocyjaniny w tkance winorośli hodowanej *in vitro*, która jest doskonałym obiektem do wielu badań ze względu na swój jednorodny charakter (brak zróżnicowania na organy i w związku z tym brak zróżnicowania na różne typy przemiany materii), wykluczenie czynnika fotosyntezy przez brak chlorofilu oraz znajomość warunków biogenezy antocyjaniny w tej tkance — między innymi wybitna zależność syntezy barwnika od światła — (S ł a b ę c k a - S z w e y k o w s k a 1952) i możliwość ścisłego kontrolowania tych warunków.

MATERIAŁ I METODY

Do doświadczeń użyto tkanki „normalnej“ (C z o s n o w s k i 1952) *Vitis vinifera* hodowanej *in vitro* od r. 1944 (szczep paryski G. M o r e l a). Tkanka ta w normalnych warunkach hodowli jest bezbarwna, nie zawiera żadnych dostrzegalnych ilości chlorofilu ani antocyjaniny. W pewnych warunkach (wysoka zawartość cukru w pożywce, wysokie ciśnienie osmotyczne pożywki, światło) tkanka winorośli obficie wytwarza antocyjaninę — prawdopodobnie oeninę, charakterystyczny barwnik antocyjanowy winorośli. (Na marginesie należy zaznaczyć, że obecnie

w r. 1954 opisany wyżej szczep tkanki stracił już zdolność syntezy antocyjanu. Zmiana ta idzie zapewne w parze z zaobserwowanymi zmianami anatomicznymi tkanki jak gdyby w kierunku tumorowacenia). Doświadczenia przeprowadzono na wiosnę r. 1952.

Zależność tworzenia się oeniny w tkance winorośli od światła ilustruje fakt, że na świetle dziennym (w oszklonej szafie w pokoju hodowlanym) produkcja barwnika w tkance wynosi przeszło 300% w porównaniu z tkanką rosnącą w ciemności. Stwierdzono przy tym, że ten wpływ światła nie idzie poprzez zwiększoną akumulację cukrów rozpuszczalnych w tkance. Analizy cukrowców w tkankach wykazały, że czynnikowi temu (tj. zwiększonej koncentracji cukrowców rozpuszczalnych w tkance) w żadnym przypadku nie można przypisać roli decydującej o ogromnie wzmożonej syntezie antocyjaniny na świetle. Niewątpliwie w samym procesie biogenezy oeniny w tkance winorośli zawarta jest jakaś reakcja fotochemiczna (S ł a b ę c k a - S z w e y k o w s k a 1952).

Pożywka, na którą wyszczepiono tkanki do doświadczeń, posiadała następujący skład:

agar	10,00 g	Fe, Mn, J, Ni, Co, Ti, Zn Cu,
sacharoza	90,00 g	Be, B ślady* traces*
Ca (NO ₃) ₂	0,50 g	cysteina 10,0 mg
KNO ₃	0,25 g	tiamina 1,0 mg
KH ₂ PO ₄	0,25 g	kw. β-indolo-octowy 0,1 mg
MgSO ₄ · 7 H ₂ O	0,25 g	H ₂ O 1000,0 ml

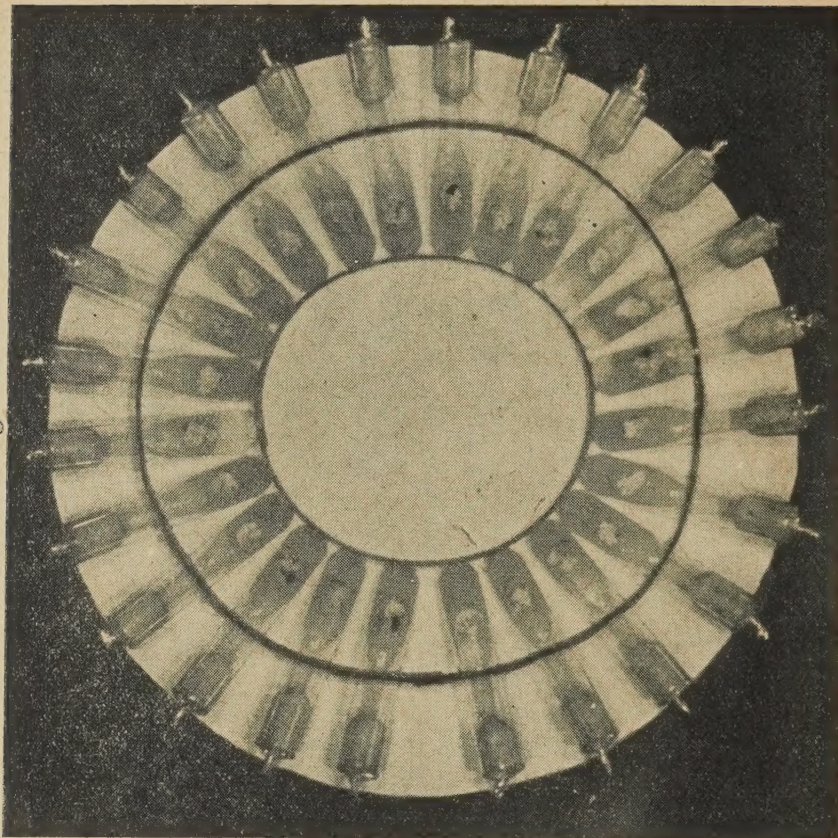
* Zmodyfikowany roztwór pierwiastków śladowych według B e r t h e l o t a . (Modified microelements solution after Berthelot) (S ł a b ę c k a - S z w e y k o w s k a 1952).

Tkanki wyszczepiano do probówek długości 12 cm i 2 cm średnicy zawierających po 12 ml skośnie zastygłej pożywki. Do każdego doświadczenia użyto 24 hodowli ułożonych ukośnie na poziomym białym kole (ryc. 1).

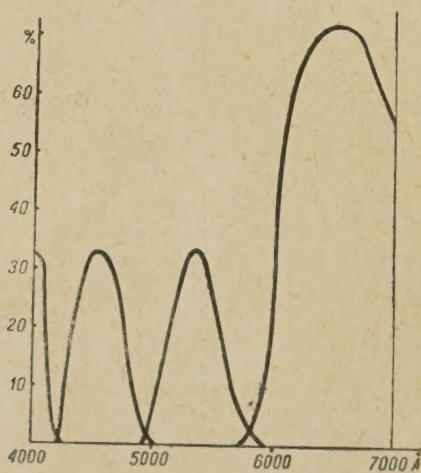
Jako źródła światła użyto 500 W żarówek Tungsram. Poszczególne odcinki widma wyizolowano za pomocą trzech następujących filtrów żelatynowych:

- I Błękit patentowy 1,6
- II Zieleń brylantowa 0,8 + tartrazyna 3,2
- III Róża bengalska 0,5 + erytrozyna 1,0 + tartrazyna 3,2.

Cyfry obok nazwy barwnika oznaczają ilość gramów barwnika przypadającą na 1 m² powierzchni filtru. Filtry przyrządzono przez wylewanie na płytki szklane o powierzchni 400 cm², 50 ml roztworu barwnika w 6% żelatynie. Po wyschnięciu płytki łączono po dwie, powierzchniami żelatynowymi ku sobie (H ü b l 1927). Przepuszczalność filtrów zbadaną w spektrofotometrze K ö n i g - M a r t e n s a ilustruje wykres na ryc. 2.

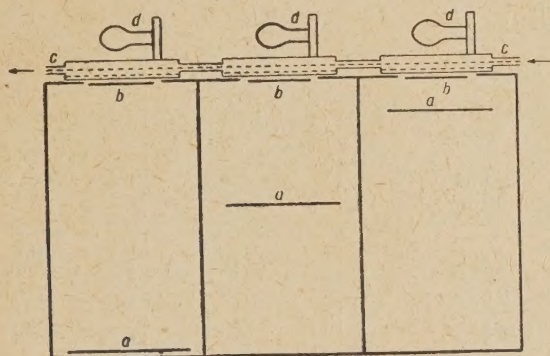


Ryc. 1. Użyte do doświadczeń hodowle tkanki *Vitis vinifera* in vitro
na skośnej pożywce
The experimental cultures of *Vitis vinifera* tissue in vitro



Ryc. 2. Krzywe przepuszczalności filtrów świetlnych
Transmission curves of the radiation filters

Doświadczenia przeprowadzono w komorach o wymiarach $50 \times 50 \times 135$ cm (ryc. 3). W celu ochrony filtrów i komór przed przegrzaniem oraz wyeliminowania z promieniowania lamp dalszej podczerwieni pomiędzy filtrami a lampami znajdowały się płaskie metalowe chłodnice ze szklanym dnem, przez które bez przerwy przepływała woda wodociągowa.



Ryc. 3. Komory doświadczalne: a — naświetlany materiał,
b — filtry świetlne, c — chłodnice, d — żarówki
Experimental chambers: a — irradiated tissue material,
b — dyed gelatin filters, c — water-cooling system, d —
electric bulb lamps

Lampy znajdowały się w odległości ca 15 cm od filtrów. We wszystkich trzech komorach tkanki otrzymywały izoenergetyczne ilości światła o różnym spektralnym składzie. Ilość energii przechodzącą przez filtry naświetlane 500 W żarówkami Tungsram wyliczono z krzywej względnego rozkładu energii dla tych żarówek oraz z krzywych przepuszczalności filtrów, przy czym dla filtru czerwonego uwzględniono w obliczeniach jedynie zakres przepuszczalności do 7000 Å, gdyż promieniowanie bardziej długofalowe przestaje być czynne fotochemicznie. Krzywą rozkładu energii dla żarówek otrzymano z pomiarów przeprowadzonych za pomocą monochromatora Leissa i termoelementu Kippa. Znając względne ilości energii przechodzącej przez filtry i oznaczywszy empirycznie zależność intensywności światła od odległości od żarówki, wyznaczono na tej podstawie dla poszczególnych filtrów odległości od źródła światła, w których powinny się znajdować tkanki, by ilość padającej na nie energii świetlnej (do 7000 Å) była jednakowa.

Tkanki po wyszczerpieniu na pożywkę przez tydzień trzymano w ciemności, następnie przez 4 tygodnie naświetlano je trzema wyżej wymienionymi rodzajami światła po 10 godzin na dobę. Po 4 tygodniach tkanki zważono, następnie pokrojono na nieco mniejsze kawałki i zalano na 24 godziny mieszaniną metanolu i $n/10$ HCl (w stosunku 5 : 1). Barwny wyciąg zlano, odwirowano i oznaczono kolorymetrycznie absorpcję światła

przez wyciąg antocyjaniny oraz pH wyciągu. Ilość oeniny wyliczono na podstawie krzywych zależności absorpcji światła przez oeninę od jej koncentracji i od pH (S ł a b ę c k a - S z w e y k o w s k a 1952).

WYNIKI I DYSKUSJA

Doświadczenie przeprowadzone w czasie od 5.II.52 — 13.III.52 dało następujące wyniki:

maksimum przepuszcz. filtru (max. transm. of the filter) Å	świeża masa (fresh weight) mg/kult.	oenina μ g/g św. m. (μ g/g fresh weight)
4 500	470	559
5 350	655	518
6 500	508	298

Wskazują one, że w procesie biogenezy oeniny w tkance winorośli najslabiej czynne jest światło czerwone w zakresie od 6000 Å. Najsilniej działa światło o zakresie 4000—5000 Å, niewiele zaś słabiej światło zielone o długości fali 5000—6000 Å.

Stwierdzono poprzednio, że światło wpływa hamująco na wzrost tkanki. Hamujący ten wpływ zaznacza się najbardziej w świetle niebieskim, następnie w czerwonym, a najslabiej w zielonym. W tym przypadku nie widać żadnej równoległości między dwoma efektami działania światła — wzrostem i produkcją antocyjaniny — choć w wypadku działania innych czynników równoległość ta jest często bardzo wyraźna (S ł a b ę c k a - S z w e y k o w s k a 1952).

Wyniki dotyczące produkcji oeniny podobne są do tych, jakie otrzymał Arthur (1932), naświetlając jabłka różnymi zakresami długości fali. Z jakościowych danych tego autora wynika, że w jabłkach czynny jest dla produkcji barwnika krótki ultrafiolet od 312 — 290 m μ i zakres widzialny od 600 — 400 m μ, przy czym największy wpływ mają promienie niebieskie, fioletowe i nadfioletowe. Zgodność ta wskazywałaby na podobieństwo fotobiologicznego mechanizmu syntezy antocyjaniny w jabłkach i w tkance winorośli hodowanej *in vitro*. Następnie fakty te wskazują, że substancja czynna w tym mechanizmie powinna posiadać zdolność pochłaniania światła w zakresie niebieskim, fioletowym i nadfioletowym (dla jabłek), a także i zielonym (dla tkanki *Vitis*).

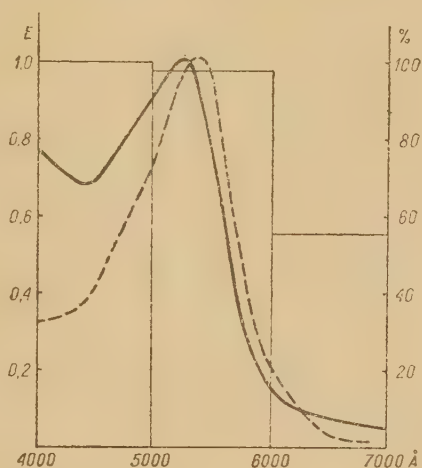
Substancja pochłaniająca światło w tym zakresie i związana z tworzeniem się antocyjaniny w jabłkach jest prawdopodobnie żółta lub bezbarwna. Wyniki otrzymane dla tkanki winorośli świadczą, że także świa-

tło zielone z przedziału 5000 — 6000 Å jest czynne w procesie powstawania oeniny. Substancją pochłaniającą światło w tym zakresie jest sama oenina (maksimum absorpcji oeniny = 5200 Å, maksimum przepuszczalności użytego zielonego filtra = 5350 Å) tworząca się w niewielkiej ilości również bez udziału światła. W surowym wyciągu (metanol + HCl) z tkanki znajdują się także substancje pochłaniające światło fioletowe. Krzywa ekstynkcji dla wyciągu (ryc. 4) wykazuje maksimum absorpcji dla długości fali 5200 Å (maksimum oeniny), następnie opada nieco i wreszcie począwszy od 4200 Å znów wznosi się w górę. Świadczy to o obecności w wyciągu żółtych i bezbarwnych substancji pochłaniających światło fioletowe i nadfioletowe. Substancjami tymi mogą być związki flawonowe lub garbnikowe (typu katechiny), towarzyszące antocyjaninom, chemicznie z nimi blisko spokrewnione i prawdopodobnie pozostające z nimi w genetycznym związku (P a e c h 1950).

Za wysoką efektywność światła zielonego dla produkcji oeniny mogłaby więc być odpowiedzialna sama oenina, za efektywność światła zaś niebiesko-fioletowego — pochłaniające światło fioletowe i nadfioletowe żółte oraz bezbarwne związki spokrewnione chemicznie z antocyjaninami i towarzyszące im w tkance.

Panu prof. drowi J. C z o s n o w s k i e m u, kierownikowi Zakładu Fizjologii Roślin UP, składam serdeczne podziękowanie za cenne wskazówki oraz życzliwe zainteresowanie pracą. Kierownikowi Zakładu Chemii Fizycznej UP, panu prof. drowi A. G a ł e c k i e m u, dziękuję za pozwolenie wykonania niektórych pomiarów w jego Zakładzie. Panu magistrowi M. S o k o ł o w s k i e m u dziękuję również za wiele cennych rad przy przygotowaniu filtrów świetlnych.

Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu Poznańskiego



Ryc. 4. Krzywe absorpcji oeniny (linia kropkowana) i wyciągu z tkanek (linia ciągła) oraz poziom syntezy oeniny w tkankach w różnych obszarach widma. Rzędne z lewej strony — ekstynkcja, z prawej strony — względna procentowa zawartość oeniny w tkankach

Absorption spectra of oenin (dotted line) and of the tissue extract (continual line) together with the oenin production in various wave bands. Ordinate: left — optical density, right — relative percentage production of oenin in various wave length regions

(Wpłynęło dn. 28.VI.1954 r.)

SUMMARY

The colourless „normal“ tissue of *Vitis vinifera* cultivated *in vitro* produces abundant anthocyanin if there is a great amount of sugar, preferably saccharose in a 9 p. c. concentration, in the medium. The anthocyanin synthesis is very distinctly dependent on light which, considering the absence of chlorophyll, may be connected with the photochemical character of the process of the anthocyanin synthesis in the tissue. Using 500 W Tungsram electric bulbs as the source of light and isolating the particular regions of the spectrum with the aid of dyed gelatine filters (fig. 2), the influence of the wave length of light on the biogenesis of oenin in the tissue was investigated. It was found that the influence of blue-violet light is the strongest, of green light — not much weaker, while red light exerted only a very slight influence. The author compared the results with the curves of absorption of the pigment extract (with the aid of methanol with HCl) from the tissue (fig. 4) and showed that oenin alone could be responsible for the great effectiveness of green light for the production of oenin in the tissue; the effectiveness of blue-violet light, on the other hand, would be due to the violet and ultraviolet light absorbing yellow and colourless compounds chemically related with anthocyanins (flavone or tannin compounds of the catechine type) (P a e c h 1950).

Laboratory of Plant Physiology
of Poznań University

L I T E R A T U R A

- A r t h u r J. M., 1932, Red pigment production in apples by means of artificial light sources, „Contr. Boyce Thompson Inst.“ 4, 1 — 18.
- C z o s n o w s k i J., 1952, Charakterystyka fizjologiczna trzech typów tkanek *Vitis vinifera*: normalnej, tumora bakteryjnego (crown gall) i tumora chemicznego hodowanych *in vitro* (Physiological features of three types of tissue of *Vitis vinifera*: healthy, crown-gall and chemical tumor, cultivated *in vitro*), Prace Kom. Biol. Pozn. Tow. Przyj. Nauk, XIII, 189—208.
- E d d y B. P. and M a p s o n L. W., 1951, Some factors affecting anthocyanin synthesis in cress seedlings, „Bioch. Journ.“ 49, 694 — 699.
- H ü b l A., 1927, Die Lichtfilter, Halle, Wilhelm Knapp.
- K a r s t e n s W. K. H., 1939, Anthocyanin and anthocyanin formation in seedlings of *Fagopyrum esculentum* Moench, „Rec. Trav. Bot. Neerlandais“, 36, 85 — 179.
- M o l i s c h H., 1928, Rote Wurzelspitzen, „Ber. Dt. Bot. Ges.“, 46, 311 — 317.
- O v e r t o n E., 1899, Beobachtungen und Versuche über das Auftreten von rotem Zellsaft bei Pflanzen, „Jahrb. wiss. Bot.“, 33, 171 — 231.
- P a e c h K., 1950, Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe, Berlin, 189 — 200, Springer-Verlag.
- S ł a b e c k a - S z w e y k o w s k a A., 1952, Warunki tworzenia się antocyjanu w tkance *Vitis vinifera* hodowanej *in vitro* (On the conditions of anthocyanin formation in the *Vitis vinifera* tissue cultivated *in vitro*), „Acta Soc. Bot. Poloniae“ XXI, 537 — 576.

Thimann K. V. i Edmondson Y. H., 1949, The biogenesis of the anthocyanin
I. General nutritional conditions leading to anthocyanin formation, „Arch.
Biochem.“, 22, 33 — 53.

Withrow R. B., Klein W. H., Price L. and Elstad V., 1953, Influence of
visible and near infrared radiant energy on organ development and pigment
synthesis in bean and corn, „Plant Physiol.“, 28, 1 — 14.

Wpływ światła na syntezę rubrobrassicyny w kiełkujących roślinach czerwonej kapusty

*The influence of light on the biogenesis of rubrobrassicin in seedlings
of red cabbage*

A. SŁABĘCKA-SZWEYKOWSKA

WSTĘP

Istnieje olbrzymia ilość faktów, znanych z literatury i obserwacji, dotyczących wpływu światła na biogenezę barwników antocyjanowych. Istnieją rośliny, jak kiełkująca gryka (Linsbauer, 1908), u których światło jest niezbędnym czynnikiem biogenezy antocyjaniny i u których proces ten ma z pewnością charakter częściowo fotochemiczny. Z drugiej strony istnieją rośliny i tkanki zdolne do syntezy pewnych ilości antocyjanin w ciemności — nie wiadomo jednak, czy jest to zdolność bezwzględna, czy też polega ona jedynie na chemicznym wykorzystaniu pewnych związków niezbędnych do wytworzenia barwnika, obecnych wśród substancji zapasowych lub też doprowadzonych z innych organów, a wytworzonych poprzednio przy udziale światła. Bowiem we wszystkich tego rodzaju przypadkach światło jest co najmniej silnie stymulującym czynnikiem syntezy barwnika antocyjanowego. Podobne zjawiska znane są dobrze z terenu biogenezy innych barwników roślinnych. Istnieją rośliny (na przykład kiełkujące *Coniferae*, mszaki i glony w pewnych warunkach) zdolne do tworzenia chlorofilu w ciemności, choć dla większości roślin światło jest niezbędne do wytworzenia tego barwnika. Podobnie dla grzybka *Neurospora sitophila* światło jest niezbędnym czynnikiem syntezy karotenoidów, podczas gdy dla *Neurospora crassa* jest ono jedynie czynnikiem wzmagającym tę syntezę.

Duży materiał faktyczny świadczący o udziale światła w biogenezie antocyjanin (cytuję tylko literaturę lat ostatnich: Karstens, 1939, Floren, 1941, Thimann i Edmondson, 1949, Eddy i Mapson, 1951, Słabęcka-Szweykowska, 1952, Withrow, 1953, Eberhardt, 1954) — przy czym w wielu doświadczeniach wyeliminowany został proces fotosyntezy, mogący komplikować wyniki — jest

przyczyną ustalonego już poglądu, że w proces syntezy antocyjanin wprężnięta jest pewna reakcja fotochemiczna.

Wyniki nielicznych badań czy obserwacji nad wpływem długości fali światła na biogenezę antocyjanin można podzielić na dwie grupy: takie, które wskazują na decydującą rolę światła krótkofalowego (nadfioletowego, niebieskiego, częściowo również zielonego), i takie, które tę rolę kaza przypisywać światłu o większej długości fali (czerwonemu). Wyniki pierwszej grupy otrzymano dla jabłek (Arthur, 1932), tkanki winorośli hodowanej *in vitro* (Słabęcka - Szweykowska, 1952), kiełkujących roślin gryki (Linsbauer, 1908). Drugi rodzaj reakcji wykazały kiełkujące rośliny fasoli i młode rośliny kukurydzy (Withrow i in., 1953), *Perilla nankinensis* (Jermołajewa, 1953).

Niniejsza praca ma na celu dostarczenie nowego materiału do szczupłej ilości danych eksperymentalnych, jakie posiadamy na temat znaczenia światła dla syntezy barwników antocyjanowych. Analizę wpływu światła na tworzenie antocyjaniny przeprowadzono na kiełkujących roślinach czerwonej kapusty, która stopniowo staje się jakby klasycznym obiektem do badań nad biogenezą antocyjanowych barwników. Materiał ten odznacza się wyjątkowo silną zdolnością do syntezy antocyjaniny w ciemności, lecz jak wykazały wstępne próby, światło wyraźnie wzmacnia w nich ten proces.

W pracy chodziło o rozwiązywanie następujących zagadnień:

1. Zależność natężenia syntezy rubrobrassycyny w badanym materiale od światła.
2. Wpływ światła na stężenie cukrowców rozpuszczalnych w roślinach.
3. Wpływ długości fali światła na syntezę rubrobrassycyny.
4. Porównanie otrzymanych danych z widmami absorpcji wyciągów wodnych i alkoholowych z roślin.

MATERIAŁ

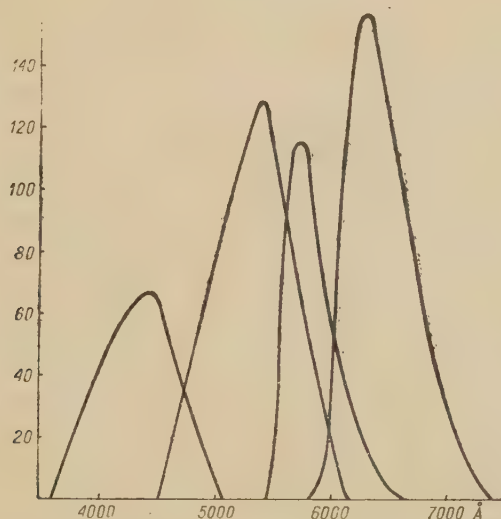
Do doświadczeń wybrano nasiona *Brassica oleracea* var. *capitata* f. *rubra* o najlepszej sile kiełkowania około 95%. Dla uzyskania możliwie jednolitego materiału nasiona selekcjonowano i do każdej serii doświadczeń używano nasion jednakowej wielkości. Nasiona wysiewano po 50 sztuk do szalek Petriego średn. 10 cm na 1% agar bez dodatku jakichkolwiek substancji odżywczych. Kiełkowanie następowało w czasie 48 lub 64 godz. w zupełnej ciemności w temp. 25°C w termostacie. Przed doświadczeniem usuwano z szalek nasiona, które nie wykiełkowały, oraz roślinki, których wielkość odbiegała od średniej.

METODY

1. Światło. Jako źródła światła do naświetlania roślin używano albo lampy atermicznej Höpplera, albo żarówki 500 W Polam w kombinacji z różnymi filtrami. Dla wyodrębnienia światła monochromatycznego używano następujących filtrów szklanych (grubość 2 mm, pow. 16 cm²) oraz dodatkowych filtrów z wody lub roztworów CuSO₄, w warstwie grubości 2 cm:

Schott	BG ₁₂	+	H ₂ O
„	VG ₉	+	H ₂ O
„	OG ₂	+	10 ⁰ /o CuSO ₄
„	RG ₁	+	3 ⁰ /o CuSO ₄

Filtry wodne oraz z CuSO₄ służyły do wyeliminowania podczerwieni lub czerwieni przy filtrze pomarańczowym OG₂ (B a c h m a n n, 1929). Skład spektralny światła żarówek, przepuszczonego przez poszczególne filtry, ilustrują wykresy (ryc. 1) wykonane na podstawie krzywych przepuszczalności filtrów oraz krzywej rozkładu energii dla 500 W żarówek (M o s z k o w, 1953).



Ryc. 1. Skład spektralny światła użytego do doświadczeń.

Rzędne: względna intensywność światła

Spectral composition of the light used. Ordinate: relative light intensity

Ilość energii, jaką otrzymywały rośliny w każdej serii doświadczeń, była taka sama. Pomiar względnej ilości energii świetlnej wykonywano za pomocą fotoelementu S60 Langeego, zbadawszy przedtem jego czułość na rodzaj światła przepuszczany przez każdy poszczególne filtr, posługu-

jąc się metodą podobną do zastosowanej przez I. Baatz (1941). W tym celu zmierzono najpierw względne ilości energii świetlnej, wysyłanej przez użytą do doświadczeń lampę 500 W Polam i przepuszczanej przez poszczególne filtry. Pomiary wykonano za pomocą termoelementu Zeissa i galwanometru Multiflex. Otrzymano w ten sposób względne intensywności światła (I) przepuszczanego przez poszczególne filtry. Następnie na miejsce termoelementu umieszczono fotoelement i oznaczono znów wychylenie galwanometru dla światła żarówki przepuszczanego przez poszczególne filtry. Wychylenie galwanometru (G) = czułość fotoelementu (F), $\times$ intensywność światła (I).

Względną czułość fotoelementu wyliczono wg wzoru:

$$\frac{F \text{ czerw.}}{F \text{ nieb.}} = \frac{G \text{ czerw.} \times I \text{ nieb.}}{G \text{ nieb.} \times I \text{ czerw.}}$$

przy czym czułość F fotoelementu najsłabszą dla światła czerwonego przyjęto jako równą 1. Opierając się na znanej względnej czułości fotoelementu dla każdego filtru, obliczono wychylenia, jakie powinien wykazywać galwanometr fotoelementu, by względne ilości energii po przejściu przez filtry były w każdym przypadku jednakowe. W celu osłabienia przepuszczalności niektórych filtrów przesłanianio je dodatkowo gazą rozpiętą na metalowej ramce.

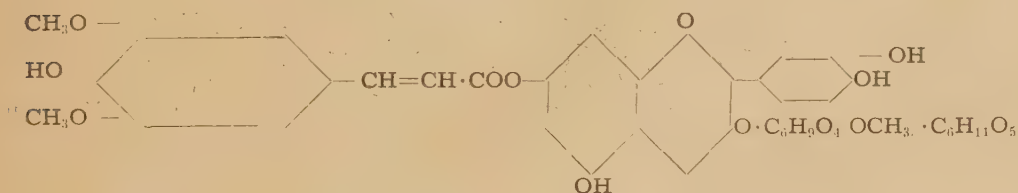


Ryc. 2. Komora do naświetlań
The irradiation chamber

Komora do naświetlań (ryc. 2) składała się z lekko skośnie ustawionego metalowego pudła, wyścielonego wilgotną bibułą, wewnątrz którego znajdowała się podstawka na szalki. Szalki z kiełkującymi roślinami ustawione były również w pozycji lekko odchylonej od pionu, szalka naświetlana w górnej części komory, szalka kontrolna w ciemności w dolnej części komory. Ruchoma przednia ściana komory zaopatrzona była w górnej części w otwór na filtry oraz w ułożoną na jej powierzchni szklaną chłodnicę z bieżącą wodą. Całość ochładzano jeszcze wiatraczkiem elektrycznym. Temperatura wewnątrz komory, stale kontrolowana, wynosiła 23—25°C. Roślinki naświetlano 2,5—10 godz., po czym znów umieszczano je w ter-

mostacie w ciemności. Rezultat badano po 24 godzinach, licząc od chwili rozpoczęcia naświetlania.

2. **Antocyjanina.** Według badań Chmielewskiej (1938, cyt. Frey - Wyssling i Blank, 1943) barwnik czerwonej kapusty — rubrobrassycyna — jest cyjaniną zawierającą 2 cząsteczki cukru (z tego 1 glukoza, drugi cukier dotychczas nie zidentyfikowany) i zestryfikowaną z kwasem 4-oksy-3,5-dwumetoksy-cynamonowym.



W roślinach kielkujących barwnik występuje w liścieniach i głównie w hypokotylu, w korzonku nie ma go nigdy. Zlokalizowany jest jedynie w warstwie subepidermalnej, gdzie występuje w soku komórkowym w formie roztworu oraz w formie intensywnie czerwonych kulek.

Oznaczanie rubrobrassycyny wykonywano w sposób następujący: roślinki wyjmowano z agaru, odcinano korzeń, hypokotyl wraz z liścieniami cięto na fragmenty długości ± 1 cm i zalewano mieszaniną metanolu z $n/10$ HCl (w stos. 5:1). Po 3 — 4 dniach, gdy ekstrakcja była już zupełna, roztwór zlewano, odwirowywano i mierzono przepuszczalność światła przez roztwór w fotometrze Pulfricha przy filtrze nr 6 (maksimum przepuszczalności — 5330 Å).

Ilość rubrobrassycyny oznaczano w jednostkach względnych, przyjmując, że roztwór, który przy filtrze nr 6 i w warstwie grubości 1 cm wykazuje przepuszczalność światła = 6%, zawiera 100 jednostek rubrobrassycyny na 1 ml. Stwierdzono, że roztwory rubrobrassycyny tylko w bardzo wąskim przedziale stężeń stosują się do prawa Lamberta-Beera,

tzn. że współczynnik ekstynkcji wyliczony z równania $e = \frac{E}{l \cdot c}$ tylko

w małych zakresach stężeń zachowywał stałą wartość. Wobec tego ilość barwnika oznaczano według empirycznej krzywej, wykreślonej na podstawie pomiarów przepuszczalności światła przez roztwory rubrobrassycyny o różnych stężeniach od 1 — 100 jedn./ml, dla kilku grubości warstw (0,5, 1 i 2 cm). Wzorcowy roztwór rubrobrassycyny otrzymano przez ekstrakcję antocyjanowego barwnika z liści czerwonej kapusty, gdyż — jak wykazali Frey - Wyssling i Blank (1943) — barwniki antocyjanowe rozwiniętej czerwonej kapusty i kielkujących nasion są identyczne. Poszczególne stężenia otrzymano przez kolejne rozcieńczenia roztworu wyjściowego, zawierającego 100 jedn./ml.

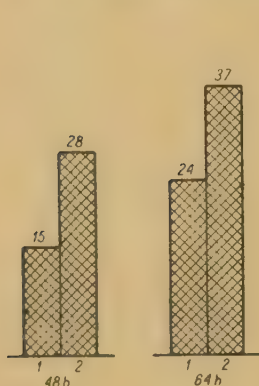
3. **Cukry rozpuszczalne.** Oznaczanie cukrowców rozpuszczalnych (redukujących i nieredukujących) wykonano za pomocą metody Hagedorna-Jensena, w modyfikacji opisanej przez Frey - Wyslinga i Blanka (1943). Do analizy używano każdorazowo 30 — 40 hypokotyli wraz z liścieniami. Każdy wynik stanowi średnią 4 równoległych powtórzeń.

4. **Widma absorpcji wyciągów wodnych i alkoholowych.** Wyciągi z roślin otrzymano w sposób następujący: hypokotyle wraz z liścieniami (bez rozdrabniania) wrzucono do wody lekko zakwaszonej ($\text{pH } 5,5 = \text{pH soku komórkowego badanych roślin}$) i gotowano przez kilka minut. Następnie te same rośliny po roztarciu w moździerzu zalewano etanolem i po 1/2 godz. filtrowano. Oba rodzaje wyciągów badano następnie w fotometrze Pulfricha.

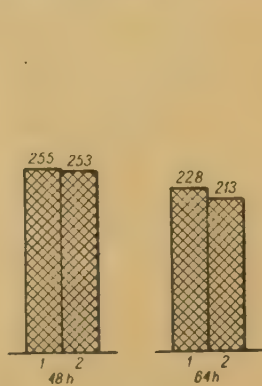
WPLYW ŚWIATŁA NA SYNTEZĘ ANTOCYJANINY I NA IŁOŚĆ CUKROWCÓW ROZPUSZCZALNYCH

Roślinki po czasie kiełkowania wynoszącym 48 godzin (bezbardwe) i po czasie 64 godzin (zawierające już antocyjaninę wyprodukowaną w ciemności) naświetlano przez 7,5 godz. lampą atermiczną Höpplera (40 W), umieszczoną w odległości 60 cm. Doświadczenie wykazało silne wzmoczenie syntezy antocyjaniny na świetle, co ilustrują załączone wykresy (ryc. 3).

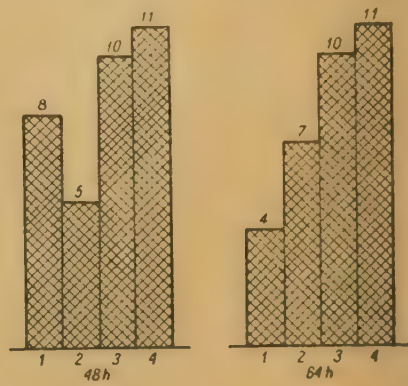
Faktem od dawna znanym i niezwykle częstym jest związek, jaki istnieje między syntezą antocyjanin a stężeniem cukrów w roślinie. Rów-



Ryc. 3. Synteza rubrobrassicyny (jedn. rośl.): 1 — w ciemności, 2 — na świetle
Synthesis of rubrobrassicin (pigment units/seedling): 1 — in the dark, 2 — in the light



Ryc. 4. Ilość cukrowców rozpuszczalnych (mg/rośl.): 1 — w ciemności, 2 — na świetle
Soluble sugars (mg/seedling): 1 — in the dark, 2 — in the light



Ryc. 5. Synteza rubrobrassicyny (jedn./rośl.) na świetle: 1 — fioletkowieńskim, 2 — zielonym, 3 — pomarańczowym, 4 — czerwonym
Synthesis of rubrobrassicin in the light (pigment units/seedling): 1 — violet-blue, 2 — green, 3 — orange, 4 — red light

niez dla kiełkującej czerwonej kapusty Frey - Wyssling i Blank (1943) stwierdzili, wprawdzie nie ścisłą, lecz ogólną zależność między ilością antocyjanu a ilością cukrów rozpuszczalnych. Wydało nam się więc rzeczą niezbędną zbadanie wpływu światła również na poziom cukrowców rozpuszczalnych w roślinach jako na jeden z najważniejszych znanych czynników syntezy antocyjanowych barwników.

Analizy cukrowców nie dały jednak wyników analogicznych z otrzymanymi poprzednio dla antocyjaniny. Przeciwnie, ilość cukrów rozpuszczalnych w roślinach naświetlanych wykazuje nieznaczny spadek w porównaniu z roślinami pozostającymi stale w ciemności. Stosunki te ilustruje wykres na ryc. 4.

WPŁYW DŁUGOŚCI FALI ŚWIATŁA NA SYNTEZĘ RUBROBRASSYCYN

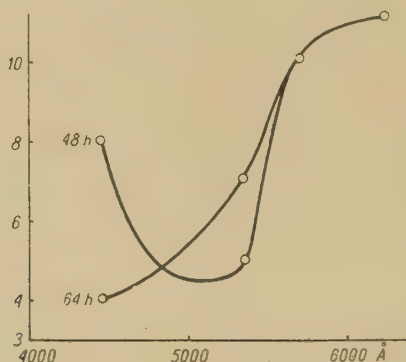
Stwierdzona we wstępnym doświadczeniu dość znaczna zależność biogenezy rubrobrassycyny od światła była punktem wyjściowym następnego etapu pracy — zbadania wpływu długości fali światła na dodatkową, zależną od światła, produkcję tego barwnika. Użyto 4 rodzajów światła monochromatycznego: niebieskiego, zielonego, pomarańczowego i czerwonego (skład spektralny na ryc. 1). Podczerwień wyeliminowano za pomocą filtru wodnego lub roztworu CuSO_4 . Każde doświadczenie powtarzano kilkakrotnie. Roślinki naświetlano przez 2,5, 5, 7,5, 10 godzin. Wyniki znajdują się w tabelce:

Czas kiełkowania (Time of germination)	48 godz. (hrs)				64 godz. (hrs)
Czas naświetlania (Time of illum.) Filtr (Filter)	2,5	5	7,5	10	7,5
ciemność (dark)	15	15	15	15	20
niebieski (blue)	19	21	23	21	24
zielony (green)	19	19	20	20	27
pomarańcz. (orange)	20	22	25	24	30
czerwony (red)	22	23	26	22	31

Najwyraźniejsze różnice występują u roślin naświetlanych przez 7,5 godz. Toteż ten czas przyjęto za najodpowiedniejszy również do naświetlania roślinek starszych, 64-godzinnych, zawierających już pewne ilości antocyjaniny.

Po 48 godz. kiełkowania u roślin bezbarwnych najsilniejszy wpływ na dodatkową syntezę rubrobrassycyny ma światło pomarańczowe i czerwone, najslabszy — światło zielone. Po 64 godz. kiełkowania u roślin zawierających już pewną ilość wyprodukowanego w ciemności antocyjanowego

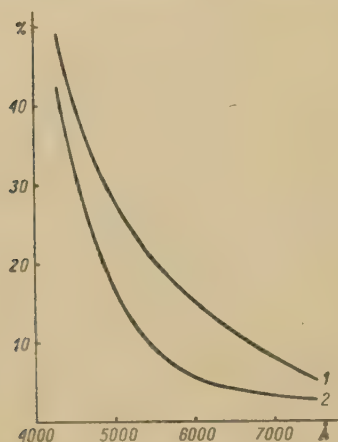
barwnika stosunki zmieniają się nieco. Maleje mianowicie wpływ światła niebieskiego, staje się najslabszy, a wzrasta znaczenie światła zielonego. Dominujący wpływ światła pomarańczowego i czerwonego utrzymuje się nadal (ryc. 5).



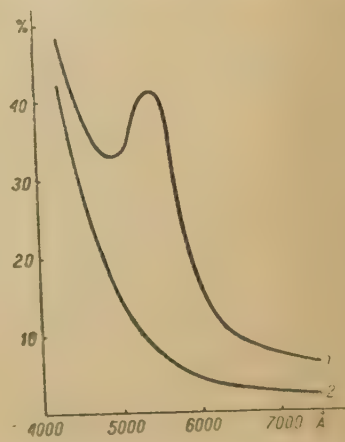
Ryc. 6. Przybliżony przebieg krzywych syntezy rubrobrassicyny pod wpływem światła o różnej długości fali. Rzędne: rubrobrassicyna wytworzona pod wpływem światła (jedn./rośl.)

Approximate appearance of the action spectrum of rubrobrassicin synthesis. Ordinate: rubrobrassicin produced in the light (pigment units/seedling)

Przybliżony przebieg krzywej dla dodatkowej syntezy antocyjaniny pod wpływem światła przedstawia ryc. 6. Pierwsza krzywa przypomina swym przebiegiem tak zwaną spektralną krzywą fotosyntetyczną. Ja-



Ryc. 7. Widma absorpcji wyciągu wodnego (1) i etanolowego (2) z roślin po 48 godz. kiełkowania
Absorption spectra of aqueous (1) and ethanol (2) plant extracts of seedlings 48 hrs old



Ryc. 8. Widma absorpcji wyciągu wodnego (1) i etanolowego (2) z roślin po 64 godz. kiełkowania
Absorption spectra of aqueous (1) and ethanol (2) plant extracts of seedlings 64 hrs old

kościowe obserwacje, przeprowadzane 24 godz. po naświetlaniu, wykazały pojawianie się chlorofilu w roślinach, szczególnie przy świetle pomarańczowym i czerwonym. W celu sprawdzenia, czy już w czasie naświetlania roślin nie tworzy się w nich chlorofil i czy dodatkowa synteza antocyjaniny nie jest po prostu związana z jego obecnością w roślinach, wykonano próbę, w której zbadano spektrofotometrycznie widmo absorpcji wyciągu alkoholowego i wodnego z roślin bezpośrednio po naświetlaniu ich przez 2,5 godz. światłem czerwonym (2,5-godzinny czas naświetlania wystarczał dla wywołania dodatkowej syntezy antocyjaniny). Widmo to nie wykazało żadnych jakościowych różnic w porównaniu z roślinami przebywającymi bez przerwy w ciemności.

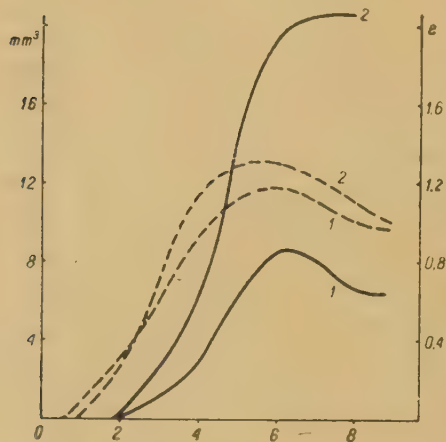
Dla umożliwienia interpretacji wyników zbadano prócz tego widma absorpcji wyciągów wodnych i alkoholowych roślin po 48 godz. i po 64 godz. kiełkowania w ciemności. Wyciągi wodne i alkoholowe wykazały jedynie silną absorpcję w części niebieskofiołkowej, prócz tego wyciąg wodny z roślin po 64 godz. kiełkowania drugie maksimum absorpcji w części zielonej widma, związane z obecnością w roślinach w tym stadium wyprodukowanej w ciemności antocyjaniny (ryc. 7 i 8).

DYSKUSJA

Już w trakcie pisania niniejszej pracy doszła do rąk autorki opublikowana w bieżącym roku praca E b e r h a r d t a (1954) na temat związku między oddychaniem a syntezą antocyjanu, między innymi również i u kiełkujących roślin czerwonej kapusty. Pozwala to na wszechstronniejszą i pewniejszą interpretację wyników przedstawionych powyżej. Stwierdzone przez E b e r h a r d t a wzmożenie intensywności oddychania pod wpływem światła jest niewątpliwie przyczyną stwierdzonego przez nas spadku stężenia cukrowców rozpuszczalnych w roślinach naświetlanych. Wzmożenie zaś tempa przemiany materii na świetle, którego jednym z przejawów jest właśnie zwiększona intensywność oddychania, jest z pewnością jednym z czynników zwiększonej na świetle syntezy antocyjaniny.

Co się tyczy wpływu długości fali światła na syntezę antocyjaniny, to badane przez autorkę rośliny czerwonej kapusty wykazują w początkowych fazach rozwoju (48 godz. kiełkowania) jedno słabsze maksimum w niebieskiej części widma i drugie silne w części pomarańczowoczerwonej. W fazie późniejszej (64 godz. kiełkowania), przy obecności w roślinach pewnych ilości antocyjaniny wyprodukowanej w ciemności, to pierwsze maksimum zanika, a wzrasta nieco znaczenie światła zielonego, natomiast drugie maksimum w pomarańczowoczerwonej części widma utrzymuje się nadal bardzo wybitnie.

Zgodnie z pierwszym prawem fotochemii jedynie energia promieni-
sta pochłonięta może dać fotochemiczny efekt. Określenie substancji po-
chłaniających światło w fotobiologicznym procesie syntezy rubrobrassy-
cyny nie jest rzeczą łatwą. Pierwsze maksimum aktywności światła, dla
światła niebieskiego, znajduje swe odbicie w silnej absorpcji, jaką w tym
zakresie wykazuje wyciąg zarówno wodny, jak i alkoholowy roślin.
W roślinach prawdopodobnie zawarte są rozpuszczalne w wodzie sub-
stancje — być może, że chemicznie spokrewnione z antocyjaninami, które
pod wpływem światła niebieskofioletowego przechodzą w antocyjaninę.
Że istotnie w zarodkach i nie zabarwionych jeszcze młodych roślinkach
znajdują się takie jakby „prekursory“, dowodzą tego badania Frey-
Wysslinga i Blanka (1943), w których prostym chemicznym zabie-
giem (środkami utleniającymi) doprowadzono do wytworzenia fioleto-
wego barwnika w subepidermalnej warstwie tych roślin. Również wzrost
znaczenia światła zielonego dla roślin po 64 godz. kiełkowania znajduje
swe odbicie w absorpcji światła w tym zakresie przez sam wytworzony
w ciemności antocyjan. Do tego punktu otrzymane wyniki pozostawałyby



Ryc. 9. Synteza rubrobrassy-
cyny (linia ciągła) i intensywność oddycha-
nia (linia przerywana u roślin
w ciemności (1) i naświetlanych (2).
Rzędne: z lewej CO_2 $\text{mm}^3/\text{godz.}$,
z prawej — ekstynkja wyciągów
barwnika antocyjanowego. Odcięte:
czas kiełkowania w dniach (wg
Eberhardta 1954)

Rubrobrassicin synthesis (continual
line) and the rate of respiration
(dotted line) of the seedlings in the
dark (1) and in the light (2). Ordina-
te: left — CO_2 mm^3/h , right —
optical density of pigment extracts.
Abscissa: age of seedlings in days
(after Eberhardt, 1954)

w zgodzie z uzyskanymi dawniej dla
tkanki *Vitis vinifera* hodowanej *in vitro*
(S ł a b e c k a - S z w e y k o w s k a,
1955) i dla jabłek (A r t h u r, 1952).
Natomiast wybitne i trwałe maksimum
dla światła pomarańczowo-czerwonego
nie znajduje swego uzasadnienia w wid-
mie absorpcji wyciągu ani wodnego,
ani alkoholowego (udział chlorofilu wy-
produkowanego w t r a k c i e n a-
świetlania został wyłączony). Pozostaje
przyjąć, że światło to pochłaniane jest
przez nie przechodzące do wyciągu (rze-
czywistego roztworu) koloidy plazma-
tyczne, powodując ogólne wzmożenie
tempa przemiany materii.

Wniosek ten zyskuje poparcie
w konkluzjach, do jakich doszli inni
autorzy, badający z punktu widzenia
innego czynnika biogenezę rubrobrassy-
cyny w kiełkującej czerwonej kapuście.
Frey-Wyssling i Blank tego
rodzaju związek widzą między ilością
cukrów rozpuszczalnych w tkance
a syntezą antocyjanu: polega on we-

dług nich na wzmożeniu przemiany materii przez dopływ cukrowców. Do podobnego wniosku dochodzą, analizując wpływ na syntezę antocyjanu jeszcze innego czynnika — temperatury.

Bardzo wyraźny jest związek jaki wykazał E b e r h a r d t (1954) między światłem, intensywnością oddychania i syntezą antocyjaniny (ryc. 9). Nawet w fazie rozwoju rośliny z nasienia, w której krzywa intensywności oddychania opada, podziaływanie światłem powoduje nagły nowy wzrost krzywej, połączony z nowym wzrostem krzywej syntezy antocyjaniny. Wzmożenie intensywności oddychania, jak wykazał E b e r h a r d t, dostarcza zarówno nowego materiału do syntezy antocyjaniny, jak i nowych ilości energii do syntez, dopływającej z wysokoenergetycznych wiązań fosforanowych.

Interpretacja tego rodzaju wydaje się mieć również zastosowanie do ubocznych obserwacji autorów, którzy stwierdzili szczególnie korzystny wpływ światła czerwonego na tworzenie antocyjaniny u *Perilla nankinensis* (J e r m o ł a j e w a, 1953) oraz u fasoli i kukurydzy (W i t h r o w i n., 1953). Szczególnie znamienne są rezultaty badań W i t h r o w a, który badał najbardziej skrajne części widma w czerwieni i bliską podczerwień, gdzie fotosynteza już w praktyce nie zachodzi, i stwierdził ich wydatny udział w zwiększaniu syntezy antocyjanu na świetle. Wydaje się prawie niewątpliwe, że i w tych przypadkach udział ten mógł iść jedynie drogą wzmożenia ogólnej przemiany materii w roślinie.

Streszczając powyższe wywody, dodatni wpływ światła na syntezę rubrobrassicyny w kiełkującej czerwonej kapuście posiadałby wobec tego dwa źródła:

- 1) fotochemiczny mechanizm syntezy tego barwnika (w świetle niebieskim) i
- 2) wzmożenie przemiany materii pod wpływem energii promienistej o większej długości fali (w świetle pomarańczowym i czerwonym).

Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu Poznańskiego

(Wpłynęło dn. 28.VI.1954 r.)

S U M M A R Y

The experimental material the author used here consisted of seedlings of red cabbage, after 48 to 64 hours of germination in Petri dishes on a 1 p. c. aqueous agar at a temperature of 25°C.

The author aimed at the solution of the following problems:

1. The dependence of the intensity of a rubrobrassicin synthesis on light (in the material used for experiments).
2. The influence of light on the concentration of soluble sugars in the examined plants.

3. The influence of the wave length of light upon the synthesis of rubrobrassicin.

4. A comparison of data obtained with the absorption spectra of aqueous and alcoholic plant extracts.

1. Following a period of germination of 48 hours (colourless) and 64 hours (already containing anthocyanin) the seedlings were subject to irradiation for 7,5 hours with Höppler's athermic lamp (40 W) placed at a distance of 60 cm. The determination of anthocyanin was made after 24 hours (counting from the moment of beginning irradiation). The pigment was extracted from the plants with the aid of methanol with n/10 HCl (ratio 5:1) and then its amount was determined by measuring the absorption in a Pulfrich photometer using a No. 6 filter (transmittance maximum 5.300 Å). The amount of the pigment was expressed in relative amounts (pigment units). The experiment showed a strong intensification of the anthocyanin synthesis in light (fig. 3).

2. The plants were irradiated in the same manner as before. The results of analyses of soluble sugars made by the Hagedorn-Jensen method, were not analogous with those obtained previously of anthocyanin. On the contrary, the amount of soluble sugars in irradiated plants showed a slight decrease as compared with seedlings remaining constantly in darkness (fig. 4). This phenomenon may be explained by the strong influence of light upon the rate of respiration, as stated by Eberhardt (1954), in *Brassica* seedlings, which in consequence leads to some decrease of the respiratory substrate, i. e. sugars, in the tissues.

3. The plants were irradiated with a 500 W Polam electric bulb and four kinds of filters were used. The spectral composition of various types of light is illustrated in fig. 1. In the seedlings the increase of the amount of anthocyanin pigment after 48 hours of germination showed one weaker maximum in the blue part of the spectrum and a second strong one in the orange-red part. At a later stage (after 64 hours of germination) in seedlings containing certain amounts of anthocyanin produced in darkness, that first maximum disappears and the influence of the green light grows slightly, while the second maximum for the orange-red light remains still very distinctly (fig 5 and 6).

4. Extracts from the seedlings were obtained by heating the entire plants (hypocotyl and cotyledons) in slightly acid water (pH = 5.5) and then crushed in a mortar with ethanol. The measurement of the absorption spectrum was made in the Pulfrich's photometer. The first maximum of light activity of blue-violet light is reflected in the strong absorption which is manifest in this region in the aqueous as well as in the alcohol extract of the plants (fig. 7). It may be assumed that the aqueous extract contains chemical substances related with anthocyanins which pass into anthocyanin under the influence of blue-violet light. Similarly, the significance of green light for seedlings after 64 hours of germination is reflected in this region in the absorption of light by the anthocyanin itself produced in darkness (fig. 8). On the other hand, the distinct and persisting maximum of orange-red light cannot be proved in the absorption spectrum of either the aqueous or alcoholic extract (the participation of chlorophyll produced in the course of irradiation is excluded). It must be therefore assumed that this light is absorbed by plasma colloids.

insoluble in an aqueous or alcoholic extract, causing a general increase in the metabolism. This conclusion finds support in the results obtained by Eberhardt, who showed the influence of light on the rate of respiration in the seedlings of red and white cabbage, and also the close relation between the light, the rate of respiration and the rubrobrassicin synthesis in red cabbage (fig. 9).

The positive influence of light on rubrobrassicin synthesis in red cabbage seedlings may therefore be ascribed to two factors:

1. the photochemical mechanism of the synthesis of this pigment (in violet-blue light),
2. the increase in the metabolism under the influence of the radiant energy of longer wave length (in orange-red light).

Laboratory of Plant Physiology
of the Poznań University

L I T E R A T U R A

- Arthur J. M., 1932, Red pigment production in apples by means of artificial light sources, „Contr. Boyce Thompson Inst.“, 4, 1—18.
- Baatz I., 1941, Die Bedeutung der Lichtqualität für Wachstum und Stoffproduktion planktonischer Meeresdiatomeen, „Planta“, 31, 726—766.
- Bachmann F., 1929, Über die Verwendung von Farbfiltern für pflanzenphysiologische Forschungen, „Planta“, 8, 487—521.
- Chmielewska I., Smardzewska I. i Kulesza I., 1938, Badania nad barwnikiem czerwonej kapusty (*Brassica oleracea*) III. Studien über den Rotkohlfarbstoff III, „Roczniki Chemii“, 18, 176—184.
- Eberhardt F., 1954, Über die Beziehungen zwischen Atmung und Anthocyan-synthese, „Planta“, 43, 253—287.
- Eddy B. P. and Mapson L. W., 1951, Some factors affecting anthocyanin synthesis in cress seedlings, „Biochem. Journ.“, 49, 694—699.
- Floren G., 1941, Untersuchungen über Blütenfarbmuster und Blütenfärbungen, „Flora“, N. F. 35, 65 — 100.
- Frey - Wyssling A., und Blank F., 1943, Untersuchungen über die Physiologie des Anthocyans in Keimlingen von *Brassica oleracea* L. var. *capitata* L. f. *rubra* (L.), „Ber. d. Schweiz. Bot. Ges.“, 53, A, 550 — 578.
- Jermolajewa J. J., 1953, Wlijanje swieta razlicznogo spektralnogo sostawa na niekotoryje fizjologičeskiye processy rastienij, „Eksp. Bot.“, 9, 100 — 117.
- Karstens W. K. H., 1939, Anthocyanin and anthocyanin formation in seedlings of *Fagopyrum esculentum* Moench, „Rec. Trav. Bot. Neerl.“, 36, 85 — 179.
- Linsbauer L., 1908, Über photochemische Induktion bei der Anthocyanbildung, Wiener-Festschrift Wien, 421 — 436.
- Moszkow B. S., 1953, Wyraszczywanie rastienij na iskusstwiennom oswieszczenji. Pp. 51 — 66, Moskwa-Leningrad, Gosudarstwiennoje izdatielstwo sielskocha-zajstwiennoj literatury.
- Słabęcka - Szweykowska A., 1952, Warunki tworzenia się antocyjanu w tkance *Vitis vinifera* hodowanej *in vitro*. On the conditions of anthocyanin formation in the *Vitis vinifera* tissue cultivated *in vitro*, „Acta Soc. Bot. Pol.“ XXI, 537—576.

- Słabęcka - Szweykowska A., 1955, Wpływ długości fali światła na biogenezę barwnika antocyjanowego w tkance winorośli hodowanej *in vitro*. The influence of the wave length of light on the biogenesis of anthocyanin pigment in the *Vitis vinifera* tissue *in vitro*, „Acta Soc. Bot. Pol.” XXIV. 3—10.
- Thimann K. V. and Edmondson Y. H., 1949, The biogenesis of the anthocyanins I. General nutritional conditions leading to anthocyanin formation, „Arch. Biochem.”, 22, 33 — 53.
- Withrow R. B., Klein W. H., Price L. and Elstad V., 1953, Influence of visible and near infrared radiant energy on organ development and pigment synthesis in bean and corn, „Plant Physiology”, 28, 1 — 14.

Chloroplasts arrangement as a Factor in Photosynthesis

J. ZURZYCKI

1. INTRODUCTION

The amount of light energy absorbed by a plant cell is of paramount importance for its photosynthetic activity. The factors affecting the amount of absorbed energy can be divided into two groups:

a) the first includes the environmental conditions such as the light intensity and its spectral composition,

b) the second is formed by the ability of the living plant to modify these conditions or to adapt itself to them. This group includes the anatomical structure of the leaf, the concentration of chlorophyll and the arrangement of chloroplasts.

Little attention was so far given to the influence exercised on photosynthesis by the chloroplast arrangements. To our knowledge no quantitative investigations have been yet made on the relation between the assimilation rate and the arrangement of chloroplasts. However, it has been established both experimentally (Stahl, 1880, Schanderl and Kaempfert, 1933) and in the course of theoretical consideration (Zurzycki, 1953), that the different positions occupied by the chloroplasts in the cell are not without effect on the amount of absorbed light energy and accordingly changes in the chloroplast arrangement are expected to modify the rate of photosynthesis. The problem is all the more interesting as the chlorophyll concentration and the anatomical structure are almost immutable; while the chloroplast arrangement changes every time the light intensity is modified (Senn, 1908, Zurzycka and Zurzycki, 1953) and the plant seeks presumably to adapt itself to the new light conditions.

The aim of the present work is to investigate what effect phototactic chloroplast movements have on photosynthesis and in particular:

a) which are the time changes of photosynthetic rate when chloroplasts move under the influence of new light conditions;

b) what relation there may be between the light curve of photosynthesis and the curve illustrating the dependance of chloroplast arrangements on light;

c) to find the quantitative relation between the values of chloroplast arrangements and assimilation if a relation between these two processes exists.

2. MATERIAL

Three species with the ability to displace chloroplasts (*Mougeotia*, *Lemna* and *Funaria*) and — for control purposes — one deprived of it (*Spirogyra*) were used in the course of our investigations. There were several reasons for making this choice: 1) in these species phototactic movements of chloroplasts were already examined quantitatively (Voerke1. 1934, Zurzycka. 1951, Zurzycki. 1952, 1953), and since the displacements were considerable it could be expected that the concomittant changes in the assimilation rate would be pronounced; 2) the species are very convenient for microscopical observations, for they either form filamentous colonies or consist of leaves one (*Funaria*) or few (*Lemna*) layers thick; 3) the leaf area being small the microscopic observation of the whole leaf or at least of the greater part of it is made possible in the course of the experiment.

Funaria hygrometrica Sibth. The plants were grown in the laboratory from spores. The leaves were cut off from the stalks with a sharp knife and the best developed and least damaged were selected after microscopic inspection. The leaf area ranged from 0.6 to 1.1 mm². Usually for measurements two leaves were simultaneously used.

Lemna trisulca L. The plants were obtained from a pond in the Botanical Garden of the University. Young leaves (or more exactly green shoots) consisting almost exclusively of a single mesophyll layer, were isolated from the pocket in the maternal leaf by pressing it lightly with a needle at the place where the leaf is attached. The leaf area ranged from 2 to 7 mm².

Mougeotia sp. The plants were collected from ponds in the Fishing Station in Mydlniki near Cracow; the cell dimensions were 26—28·110—180 μ , and in their chloroplasts 7 — 12 pyrenoids were discernible. From the algal wad a small bunch of a short filaments was drawn out with a needle and after microscopical inspection was used for the experiments. The total length of the filaments amounted to 50 — 180 mm.

Spirogyra nitida Link was collected from a natural habitata in the vicinity of Cracow. The dimensions of the cells (each with three chromatophores) were 75—96·111—215 μ . From a bunch of long filaments pulled out with a pincette segments 3—5 mm long were cut off with a sharp knife; the number of filaments in the bunch varied between 5—30 and their total length was 25—100 mm.

At the end of the experiments the leaves or the bunches of algal filaments were placed on the glass plate of a magnifying apparatus, and their images, magnified approximately ten times projected on photographic paper. On the photographs the leaf areas or the total lengths of the filaments were measured and formed the basis for the estimation of the amount of material used in the experiment. Several examples illustrating the dimensions and shape of the plant material are given in fig. 1.



Fig. 1. Plant material used for experiments: a) *Funaria* — total area of two leaves 1.89 mm², b) *Lemna*-leaf area 1.85 mm², c) *Lemna*-leaf area 4.03 mm², d) *Lemna*-leaf area 7.57 mm², e) *Mougeotia*-total filaments length approx. 31 mm, f) *Mougeotia*-total filaments length approx. 110 mm, g) *Spirogyra*-total filaments length 16.4 mm, h) *Spirogyra* — total filaments length 29.1 mm

3. METHODS

3.1. Dosage of light

The light source, a 1000 W projection lamp (model Osram E. 70), was connected to the mains through a slide rheostat, which permitted to maintain the voltage on the constant level $215 \text{ V} \pm 2 \text{ V}$. The details of the lightning arrangement can be seen from fig. 2. The light beam, made convergent by the lens S is filtered through the filter F and after reflection from the microscope mirror reaches the spot AB where the experimental chamber with the leaves or the algal filaments is placed. The filter, 10 cm

thick, was filled with a solution of ferrous ammonium sulphate in 2% H_2SO_4 prepared according to the prescriptions of Withrow and Price (1953). The filter transmits the visible light radiations almost without losses (400—700 m μ) but by absorbing the infrared radiations prevents the chamber with the plants from being overheated during illumination.

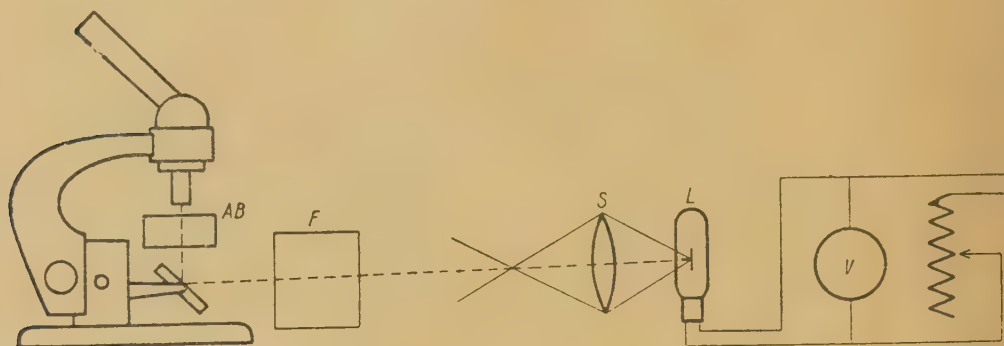


Fig. 2. Diagram illustrating illumination of objects during experiments. AB — box with reaction chambers, F — water filter, S — lens, L — projection lamp, V — voltmeter

The measurements of the light intensity were made with a photoelement (B. Lange) graduated in luxes and inserted exactly at the place normally occupied by the leaves or algal filaments.

The light intensity was modified by changing the distance between the light source and the microscope and, when very low light intensities were needed, by interposing matted glass plates.

3.2. Measurements of chloroplast arrangements

The construction of the plant chamber permitted the direct observation of the assimilating cells with a 100—150-fold magnification. In a previous paper (Zurzycka and Zurzycki, 1950), we have shown that it is possible to express numerically the differences occurring in the arrangement of chloroplasts. Thus in the case of *Funaria* and *Lemna* the number of chloroplasts in the epistrophe position was counted in ten cells, and the result expressed as the percent of the total number of chloroplasts contained (as far as possible) in the same 10 cells. A different procedure was applied in the case of *Mougeotia*; with the help of an Abbe drawing equipment the outlines of 5—10 cells and of their chloroplasts were drawn on paper, the corresponding areas planimetrically measured, and finally the areas of the chloroplasts were expressed as percentages of the cell areas.

3.3. Measurements of photosynthesis

In the present investigations the method used of the measurement of the assimilation rate ought to fulfil three conditions:

a) it has to be sensitive enough to enable the measurements of the gaseous metabolism in a leaf only several mm^2 in area, i. e. its sensitivity had to be of the order $10^{-3} \mu\text{l}$.

b) it must enable the illumination of the object with light of known and changeable intensity.

c) it must permit the observation of the assimilating cells with at least 100 fold magnification and simultaneously measurements of their photosynthesis intensity should be made possible.

Several microvolumetric methods were devised for measuring the gaseous exchanges with the accuracy here necessary (Tobias, 1943, Glick, 1946). Of these only two make possible the direct observation of the object experimented with (Stefanelli, 1937, Tyler and Berg, 1941) and neither of them is suitable for researches on photosynthesis.

The capillary microvolumeter described here is a modification of Tobias and Gerard's (1941) respirometer adapted to fulfil the above enumerated conditions.

3.3.1. The principle of the method

The apparatus is a capillary respirometer of the differential type, i. e. consists of two chambers connected by a capillary tube. The displacements of a drop of liquid in the capillary indicate the relation changes of volume occurring in the two chambers. The two chambers form an airtight system without communication with the atmosphere (fig. 3).

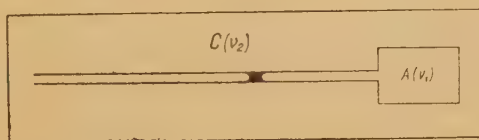


Fig. 3. Diagram illustrating capillary respirometer. C — compensation chamber of volume v_2 , A — reaction chamber of volume v_1 , index droplet in capillary

The leaf selected for the experiments is placed in chamber A together with a drop of Warburg's carbonate buffer. During photosynthesis or respiration carbon dioxide is emitted or absorbed by the buffer, with the result that in the gaseous phase its concentration is maintained at a constant level and the observed volume changes in the gaseous phase are only due to the absorption or emission of oxygen by the plant.

According to Cunningham and Kirk (1940) following relation takes place between the change Δv in volume v of chamber A and the displacement d of the indication drop in the capillary:

$$\Delta v = F \cdot d \cdot \frac{v_1 + v_2}{v_2} \cdot \frac{v_2}{v_2 - Fd}, \quad (1)$$

where F is the effective cross-sectional area of the capillary, v_1 and v_2 the volumes of the reaction chamber and the compression chamber respectively.

If $v_2 \geq v_1$, than the ratios $\frac{v_1 + v_2}{v_2}$ and $\frac{v_2}{v_2 - Fd}$ are nearly equal

to unity and therefore without committing a significant error it can be assumed that

$$\Delta v \approx F \cdot d. \quad (2)$$

3.3.2. Description of the respirometer

In a brass plate 35 mm long, 25 mm wide and 2 mm thick two elliptical holes measuring 3×5 mm are made. At the bottom the holes are closed with a piece of glass fixed to the brass plate with shellac or aralgite. The bent and funnel shaped ends of two capillaries are inserted in the immediate vicinity of the holes (fig. 4). From above the holes are closed by a glass plate set on a vaseline ring. The capacity of the two chambers A and B thus formed is approximatively 50 μ l. Each chamber is connected by a capillary with the compression chamber. The function of chamber B consists in controlling temperature changes.

The capillaries are of the prismatic type, the cross section of their bore is slightly elliptic (capillaries with cylindrical bore have proved to be inconvenient). The cross sections of the bores ranged from 0.01 to 0.05 mm², however, the tubes most often used had a bore of 0.025 mm², and a length of approximatively 20 cm.

The brass plate together with the capillaries is placed in the compensation chamber C, the capacity of which is approximately 90 ml. It is made of sheet brass and is semicylindrical in shape. From the top it is fitted with a cemented glass plate G (fig. 5). The chamber can be closed by screwing down the rubber lined plate P and in this case the communication with the atmosphere is secured by the tap K. The compensation chamber is immersed in the metal box R filled with water supplied by a Höppler's ultrathermostat (during the experiments it appeared that a constant flow of water was not necessary as small changes of temperature did not influence the final measurements).

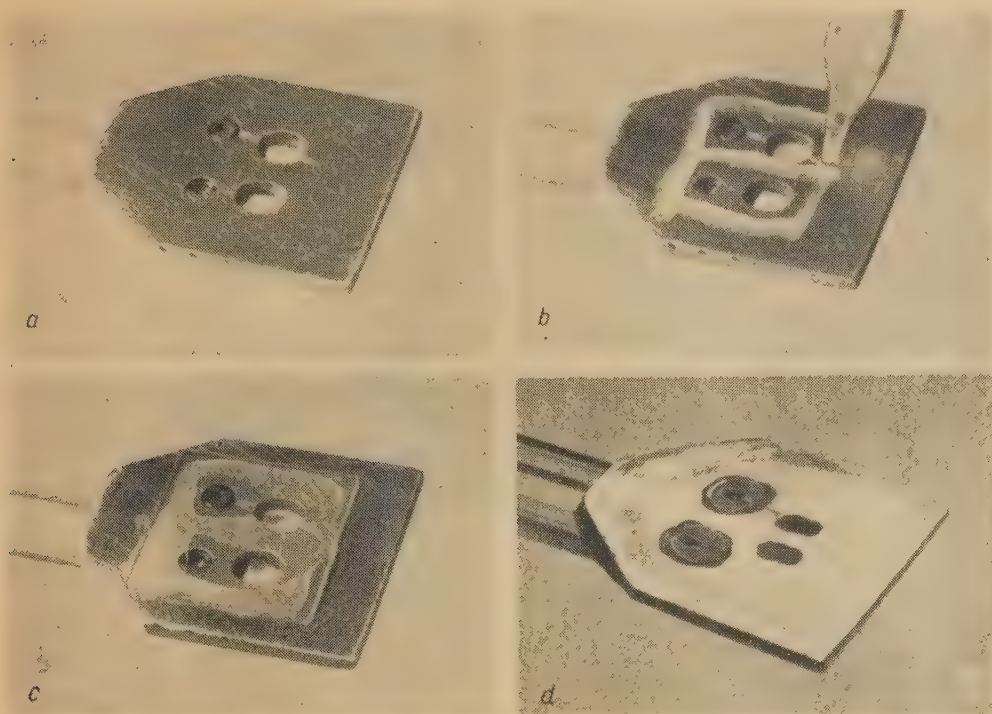


Fig. 4. Reaction chambers: a) the chambers are opened, b) smearing with vaseline, c) the chambers closed, d) another kind of reaction chambers smaller than those most often used

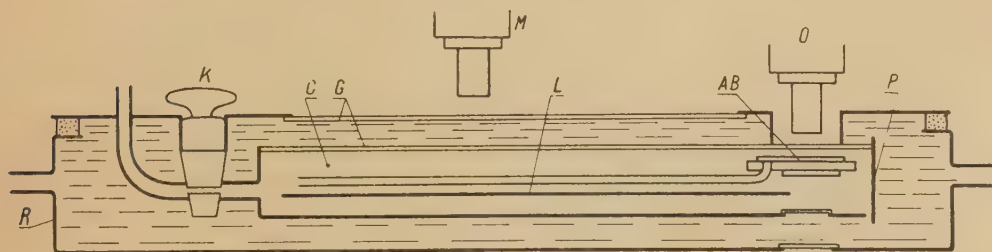


Fig. 5. Diagram illustrating box with compensation chamber. R — box with compensation chamber C, AB — plate with reaction chambers and capillaries, L — scale, K — tap joining compensation chamber with the atmosphere, G — glass panes for observing the scale with microscope M and the chambers with microscope O

The box is placed on the same stand as the Zeiss microscope (model LuWdE) from which the table has been removed, and the position occupied by the microscope is such as to permit the direct observation of the living leaf placed in the reaction chamber (fig. 6). Both reaction

chambers are illuminated with light which is reflected from the microscopic mirror, the condensor being removed, and penetrates to them through glass plates fitted into the bottoms of the compensation chamber and the water bath. 8x and 10x objectives were used for the observation of the material placed in the reaction chambers.

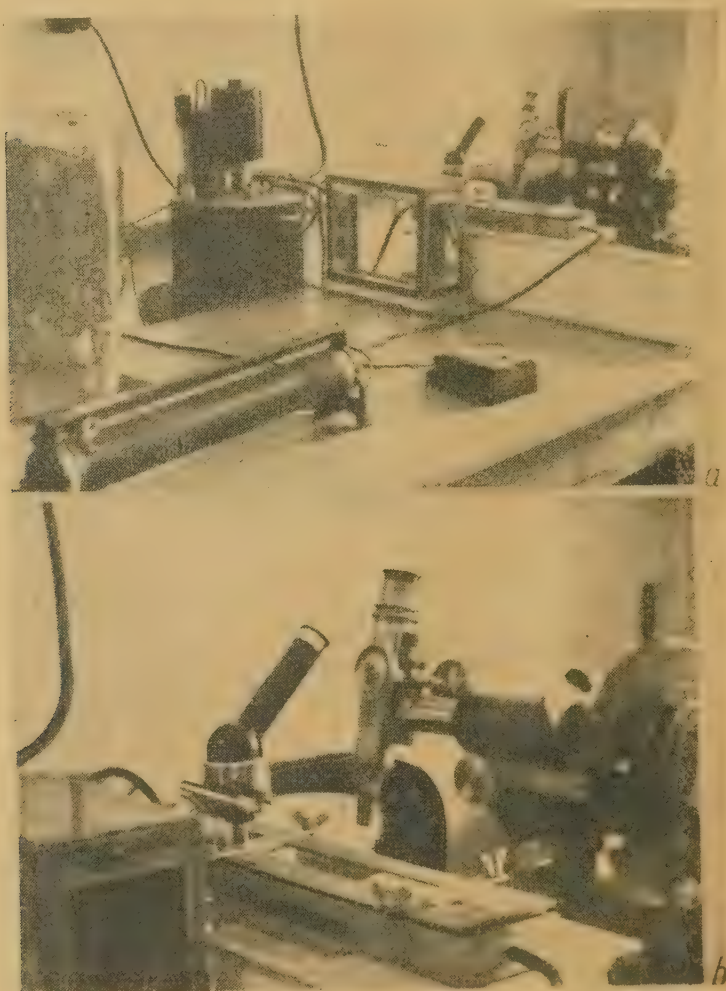


Fig. 6. a) The apparatus used for experiments, b) the box and the two microscopes

The position of the meniscus of the liquid in the capillary tube is defined with a microscope put in position according to Metzner (1928), the magnifying power of the microscope fitted with an eyepiece scale being 30 times.

3.3.3. The experimental procedure

For cleaning, the capillaries are connected with their loose ends to a vacuum pump and in the funnel shaped ends drops of a convenient liquid are introduced. Successively they are cleaned with chromic mixture (for 5 mins), distilled water (for 15 mins) and alcohol (5—10 mins). Finally their ends are wrapped up in small cotton wool wads and the air filtered through cotton wool is passed for an hour through the capillaries.

A drop of kerosene formed the liquid indicator in the capillaries. The kerosene is purified according to C u n n i n g h a m and K i r k (1940) by repeated shaking with concentrated H_2SO_4 and stored over NaOH. The introduction of the liquid into the capillaries is performed by dipping their loose ends into the kerosene which is forced into the bores by capillary attraction. When enough kerosene has been introduced into the tubes, a small ball of cotton wool is placed at its ends and the whole liquid is drawn out with the exception of a small drop forming a column of approximately 5 mm length. In this way the bore is covered with a very thin layer of kerosene, facilitating the displacement of the remaining liquid drop. The drop is pushed to the part of the capillary nearest the reaction chamber.

The borders of the reaction chambers are surrounded with white vaseline which is smeared in liquid state from a pipette (the metallic walls of the chambers are covered with a thin film of wax). With a micropipette 25 μ l of W a r b u r g's buffer no. 10, composed of 10 parts of 0.1 m Na_2CO_3 and 90 parts of 0.1 m $NaHCO_3$, are introduced into the bottom of the chambers.

Two leaves (or two buches of algal filaments) of more or less the same size are placed on a thick cover slide; the first leaf, after being killed by quick boiling, dries on the slide, and coated thinly with wax is destined for chamber B, while the second (the living), to be placed in chamber A, is covered with a drop of tap water. The cover slide after being turned over is put on the previously prepared vaseline borders, care being taken, that the two leaves occupy each the middle of the corresponding chambers. Thus the leaves are inside hanging drops and not in direct contact with the buffer solution from which they are separated by a thin layer of air (fig. 7).

The movement of the liquid indicators in the capillaries shows that the chambers are tightly closed. By applying a convenient pressure on the cover slide the kerosene drops can be manoeuvred to occupy a position in the middle of the capillaries side by side. Then the reaction chambers are placed in the compensation chamber and left for about 20 minutes for the adjustement of temperatures, care being taken to open the tap. Changes in the positions of the index droplet are measured under

low microscopic magnification. The field of visibility of the microscope is approximatively 5 mm in diameter. The instrument is adjusted with the macro- and micrometric screws so that its eyepiece scale coincides with the millimeter scales placed between the capillaries, then the position of the external meniscus of the kerosene drop is read with an exactitude of 0.05 mm.

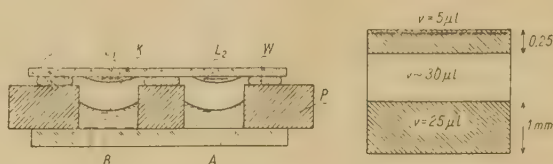


Fig. 7. a) Cross section diagram of reaction chambers AB. P — metal plate, K — carbonate buffer solution, G — cover glass W — vaseline ring, L₁ — dead leaf, L₂ — living leaf in water drop. b) Diagram of simplified arrangement of liquid drops in the chamber. Data obtained from this diagram are used to calculate the diffusion rate of gases

Before starting the experiments the value of coefficient I (see page 37) must be determined. For this purpose first the positions of the index droplet in the capillaries are noted, then the tap K is opened, the air in the compensation chamber is compressed or rarefied several times and each time the displacements of the both kerosene drops in the capillaries are read. The ratio $D_A : D_B$, where D_A and D_B are the displacements of the drops in the tubes A and B respectively, gives the value of I. In the calculations of the experimental results the mean of several determinations of I is used. The main experiments are not begun till after another 20 minutes.

The temperature during all experiments ranged from 19 to 22°.

3.3.4. Estimations of errors

I. The magnitude of the error introduced by the application of the simplified equation (1) depends upon Δv . However the amount of oxygen liberated in a single experiment never exceeds $0.5 \mu\text{l}$, but even if it is assumed that $F \cdot d = 1 \mu\text{l}$, the value of Δv calculated from equation (1) will be greater only by $0.000567 \mu\text{l}$ than the value calculated according to the simplified relation (2). It follows from these considerations that the simplification of equation (1) introduces a constant error which causes the readings to be 0.057% smaller than the change in volume which takes place in reality.

II. Precision of readings. Owing to the microscopic magnification it is possible to read the positions occupied by the menisci with an accuracy of the order of 0.01 mm. In practice, however, this accuracy is reduced to 0.05 mm by the errors resulting from the repeated

adjustments of the microscope to successive sections on the capillary scale. This in turn introduces an error in the determination of Δv depending upon the area of the bores of the capillary tubes. This error ranges from $0.00053 \mu\text{l}$ when the area of the inside bore is 0.0106 mm^2 to $0.00183 \mu\text{l}$ when it is 0.0567 mm^2 .

III. Errors caused by readings not being simultaneous in both capillaries. With some practice it takes 20—30 seconds to make one reading. Assuming intense production of oxygen (e.g. $100 \times 10^{-3} \mu\text{l}$ per 10 mins), a difference of 0.5 minute between the readings in the two capillary tubes may cause an error as big as $5 \times 10^{-3} \mu\text{l}$. In most cases however, oxygen is liberated or consumed at a rate approximately 10 times slower. Moreover, the readings are alternately taken first in one capillary and then in the other and as a result this kind of error may be reduced almost completely.

IV. Precision of the capillary tubes. The capillary tubes were calibrated by measuring the changes in the length of a short column of mercury which was past through the tubes. In most capillary tubes used in this work the differences in the internal bore did not exceed 0.5%.

V. The film of kerosene, which coats the inside walls of a capillary tube, diminishes its inside bore and makes the area F smaller than that established with mercury, when the tube is still dry. The correction is calculated from the decrease in the length of a column of kerosene passed through a clean and dry capillary tube. This correction is always taken into account in establishing the working area of the inside bore of capillaries. When the capillaries are very thin the correction is 1.5 to 2.5% of the bore area, which is rather great value especially if it is compared with Cunnigham's and Kirk's (1940) data perhaps it is due to the elliptic shape of cross sections used in this work.

VI. The resistance of kerosene column in the capillary. When the column of kerosene is being moved it offers a certain resistance and to overcome it, a difference of pressure on two sides of the drop is necessary. To establish exactly the force of this resistance an apparatus — the diagram of which is given in fig. 8a — is used. To a vessel 1.5 l in volume a capillary is joined and the kerosene drop in the tube can be observed with a microscope. A tube 2 mm^2 in cross section area is joined to the vessel and filled with mercury. The level of the mercury in the tube can be regulated by pressing a rubber reservoir. With this arrangement the pressure of the gas in the vessel can be changed in a known way, and the moment at which the kerosene drop in the capillary begins to move is observed with the microscope. Fig. 8b illustrates how the resistance depends on the length of the kerosene column for two cross sections areas of capillaries. The resistance is ex-

pressed in terms of the volume Δv by which the volume of the reaction chamber ($v = 50 \mu\text{l}$) must be changed to produce a movement of the kerosene drop. It appears from the graph that when the length of the kerosene column is approximately 5 mm, even in very thin capillaries

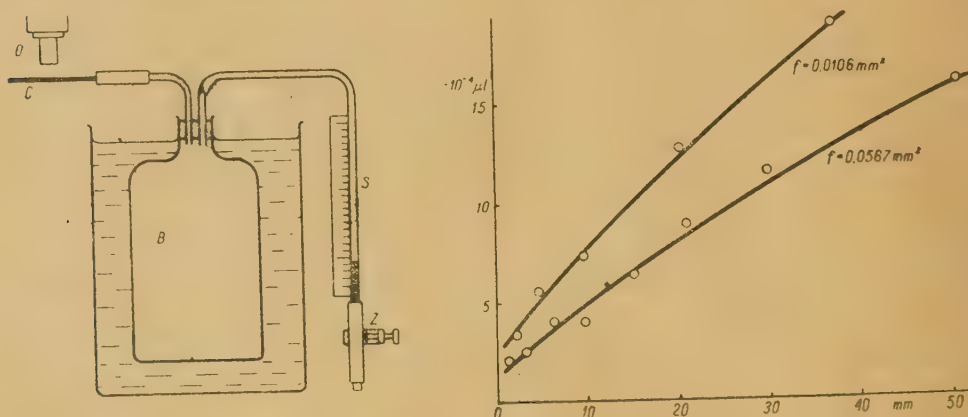


Fig. 8. a) Diagram illustrating apparatus for measuring resistance of kerosene drop in capillary. C — capillary, O — microscope objective, B — vessel in water bath, S — graduated glass tube, Z — mercury reservoir. b) Relation between reaction chamber volume increase ($v = 50 \mu\text{l}$) which causes movement of kerosene column (ordinates) and the length of kerosene column (abscissae) for two capillary diameters

a change in volume of $0.0005 \mu\text{l}$ causes the meniscus to move. It must be noted that the above estimation is made for very unfavorable conditions, in fact the volume of the gaseous phase in the reaction chamber is more than half smaller because of the volume of the liquids which are also in the chamber. Moreover, if the indicating drop does not change the direction of its movement, the difference of pressures on both sides of it is maintained on the very limit of static resistance and the slightest change in volume causes a movement of the meniscus.

VII. T e m p e r a t u r e c h a n g e s. In the closed system a general change in temperature causes no movement of the drop in the capillary tube, however, such a movement is caused by differences in temperature between a) the reaction chambers and the compensation chamber, or b) the two reaction chambers. A change of temperature of Δt causes in the reaction chambers:

1) a change in volume of the gaseous phase $\Delta v_g = v_g \cdot \alpha \cdot \Delta t$ where v_g is the volume of the gaseous phase, α — the expansion coefficient of the gas;

2) a change in volume of the liquid phase: $\Delta v_l = v_l \cdot \beta \cdot \Delta t$ where v_l is the volume of the liquid phase, β — the expansion coefficient of liquid;

3) a change in the solubility of the gaseous phase $\Delta v'_g = v_c \cdot \gamma \cdot \Delta t$ where γ is the change in solubility coefficient per 1°;

4) a change in vapour pressure of the liquid $\Delta p = \delta \cdot \Delta t$ where δ is the change of vapour pressure per 1°.

a) The case a, i. e. when a difference in temperature arises between reaction and compensation chambers, is quite common, mainly when the reaction chambers are illuminated with bright light. However, if the two reaction chambers are heated evenly, the changes as in points 2,3 and 4 are in both chambers the same because v_c in both chambers is the same. On the other hand differences in the displacement of the indicator drops may arise if v_g is different in one of the chambers. To eliminate these differences the absolute values of v_{gA} and v_{gB} need not be known, it is sufficient to know the ratio $\frac{v_{gA}}{v_{gB}} = I$. This ratio is easily obtained from

measurements of displacements of indicator drops at known air pressures in the compensation chamber, which was already described. By multiplying the displacement of the meniscus in chamber B by I a value is obtained, which is exactly comparable with the meniscus displacement in the capillary A. The displacements of the indicators in the capillaries caused by heating the still empty chambers are given in Table I.

Table 1

Meniscus movements caused by heating of chambers. 25 μ l of buffer solution are placed in chambers A and B. $I = 1.351$, f of capillary = 0.050 mm²

Time in minutes	V _A scale units	V _B scale units	V _B I scale units	V _A — V _B I	
				scale units	10 ⁻³ , μ l
0	0	0	0	0	0
5	— 31	— 18	— 24	— 7	— 3,5
10	— 63	— 52	— 70	+ 7	+ 3,5
15	— 101	— 80	— 108	— 7	— 3,5
20	— 140	— 100	— 131	— 9	— 4,5
25	— 175	— 135	— 183	+ 8	+ 4,0
30	— 223	— 158	— 214	— 9	— 4,5
40	— 311	— 232	— 312	+ 1	+ 0,25
50	— 383	— 278	— 375	— 8	— 4,0
60	— 423	— 312	— 422	— 1	— 0,5

When the coefficient I, which in this case is 1.351, is included the data obtained show, that in neither chamber gas is produced and that the differences in displacement of the drops in the capillaries are caused by the heating of chambers with different v_g .

b) A difference in temperature between the two reaction chambers would cause errors which could not be checked. As precautions have been

taken to ensure against such a possibility it can be assumed that this difference is not considerable. The precautions mentioned are: 1) the two chambers are close together in an easily heat conducting medium, 2) both chambers are illuminated in the same way, 3) a dead leaf approximately of the same area and the same absorption is placed in the control reaction chamber B.

To control whether the two chambers are evenly heated when illuminated, they are first illuminated for some time with strong light, which is then turned off and the chambers are left in darkness. If the temperature in both chambers, changes evenly, the measurements after the light is turned off, when plotted in a graph, give a straight line. If, however, the temperature in one of the two chambers (A or B) is higher than in the other, the curve plotted for darkness is irregular. Such a control is absolutely necessary mainly when strong light is used for experiments, and only those experimental results can be accepted, which are checked for the even heating of the two chambers.

VIII. **C h a n g e s i n c a r b o n d i o x i d e c o n c e n t r a t i o n.** The air which is in equilibrium with the no. 10 buffer has at 20° 0.45% of CO₂ (assuming that the amount of CO₂ in solution is $140 \cdot 10^{-6}$ mol/liter) which means that this concentration is approximately 15 times greater than in the atmosphere. If it is assumed that the maximum consumption of carbon dioxide in the course of one experiment is 1 μ l, then the carbon dioxide concentration in the 25 μ l of the buffer falls from $140 \cdot 10^{-6}$ to $112 \cdot 12^{-6}$ mol/liter, i. e. by approximately 20%. When the carbon dioxide concentration is at this fairly high level, a difference of 20% in the concentration (a decrease from 0.45% to 0.36%) can have no important effect on the course of photosynthesis.

The change in the CO₂ concentration changes the amount of this gas dissolved in the liquid phase, and this in turn can influence the volume of CO₂ in the gaseous phase. The decrease in the amount of CO₂ in the gaseous phase depends on Δv and when Δv is in maximum and equals 1 μ l — i. e. when the concentration falls by 20% — the decrease in the amount is equal to $v_c \cdot a_{CO_2} \cdot \Delta p_{CO_2} = 25 \cdot 0.378 \cdot 0.0009 =$

0.0198 $\approx$ 0.02 μ l, where v_c is the volume of the liquid in μ l, a_{CO_2} the coefficient of CO₂ solubility, and Δp_{CO_2} the percentage fall of CO₂ concentration in the gaseous phase. The change in the amount of CO₂ dissolved in the liquid phase gives a constant error of 20%, by which the results obtained exceed the actual process.

IX. **C h a n g e s i n O₂ c o n c e n t r a t i o n.** The same reasoning as the one just made when applied to the concentration of oxygen (p_{O_2} — the initial concentration is 0.2, and the maximum change of volume 1 μ l) shows that the amount of oxygen changes by 17%. The

decrease of the amount of oxygen in the gaseous phase corresponding to this drop of concentration is $v_c \cdot \alpha_{o_2} \cdot \Delta p_{o_2} = 25 \cdot 0.0309 \cdot 0.034 = 0.0315 \mu\text{l}$. This also gives a constant error of 3.1% by which the results obtained are smaller than the actual process.

X. Rapidity of diffusion. As the reaction chambers of the respirometer are not shaken, it is possible that gases are not diffused quickly enough to attain, in the intervals between two measurements, an equilibrium between the amount of gas which is assimilated or given out by a leaf and the corresponding change in volume of the gaseous phase. To solve this question Linderstrøm Lang's (1942) theory of non stationary states is used. For the calculations simplified shapes of the liquid in the chamber are assumed as shown in fig. 7b. It is necessary to discuss three points:

a) the rapidity of carbon dioxide diffusion between the gaseous phase and the leaf which can be assumed to be an infinitely thin element at the bottom of a drop.

b) the rapidity of oxygen diffusion in the same conditions,

c) the rapidity with which carbon dioxide is absorbed or given out by the drop of buffer.

The ratio of the true molecular pressure, in the gaseous phase of the gas in question, to the pressure which would be exerted if equilibrium were reached instantly is defined by the following equations:

$$a) \quad \frac{P_t}{P_m} = 1 - \frac{1}{6} \frac{3v_g + v_c \alpha}{v_c \alpha + v_g} \cdot \frac{b^2}{Dt} \sum_k \frac{a_k}{q} \left[1 - \exp \left(-\beta_k^2 \frac{\pi^2}{4b^2} Dt \right) \right] \quad (3)$$

(deduced from Linderstrøm Lang's (1942) equation 71)

$$b) \quad \frac{P_t}{P_m} = 1 - \frac{1}{2} \frac{b^2}{Dt} \left[1 - \exp \left(-\frac{\pi^2}{4b^2} Dt \right) \right] \quad (4)$$

(if $\alpha = 0$ then from (3))

$$c) \quad \frac{P_t}{P_m} = 1 - \frac{1}{3} \frac{v_g}{v_c \alpha + v_g} \frac{b^2}{Dt} \sum_k \frac{a_k}{q} \left[1 - \exp \left(-\beta_k^2 \frac{\pi^2}{4b^2} Dt \right) \right] \quad (5)$$

Linderstrøm Lang's (1943) equation 3).

where: P_t — true molecular pressure of the gas in the gaseous phase during time t ,

P_m — molecular pressure of gas in the gaseous phase which would be exerted if equilibrium were reached instantly,

V_g — volume of gaseous phase in ml,

V_c — volume of liquid phase in ml,

b_1, b_2 — depth of liquid layer in cm,

α — solubility coefficient of gas in liquid,

D — diffusion constant in cm/hour,

t — time in hours,

q — amount of gas produced or absorbed by each volume unit of liquid phase per time unit,

$\alpha_k \beta_k$ — coefficients defined by Linderström Lang's (1942) equations 53, 60 and 70, and equations 4 and 5 (Linderström Lang 1943).

Fig. 9 shows with what rapidity equilibrium is reached in three instances detailed above (points a, b, and c).

From the curve it appears that equilibrium between the leaf and the gaseous phase is reached fairly quickly, but the establishing of balance between the gaseous phase and the buffer lasts much longer. The graph

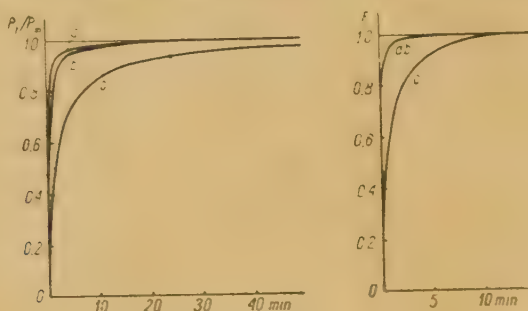


Fig. 9. P_t/P_m and F plotted against time for CO_2 diffusion from leaf to gaseous phase (a), for O_2 diffusion from leaf to gaseous phase (b) and for CO_2 absorption in buffer (c)

in fig. 9a is valid when it becomes necessary to establish the absolute amount of gas produced or absorbed from the beginning of an experiment till time t . In the present work there is no such necessity, though it is important to establish after what time the change per time unit in the amount of gas in the gaseous phase equals the amount of this gas produced or absorbed per time unit by the plant material experimented with. This relation is shown in fig. 9b and is obtained from equation

$$F = \frac{(v_g + v_c a) \frac{dP_t}{dt}}{q \cdot v} \quad (6)$$

where F — is the ratio of the changes per time unit in the amount of the gas in the gaseous phase (including the correction for solubility in liquid) to the production or absorption of the gas by the experimental plant.

From fig. 9b it appears that in the case of the slowest process, i. e. the absorption of CO_2 by the buffer, after 10 mins F nearly, and after 15 mins equals one. It follows that after 10—15 mins the rapidity of diffusion can cause no error.

XI. Evaporation of the water drop. During the experiments the leaf is placed in a water drop which 1) prevents it to be in direct contact with the buffer, as the pH of the buffer is very high and in some cases may be harmful to the leaf and 2) makes insignificant the ratio of K : Na ions. However, the shortcoming of the water drop is, that in one closed chamber there are two drops with different osmotic pressures and as a result the water drop evaporates and the vapour condensates in the buffer drop. In short, experiment lasting 2 to 4 hours, the evaporation of the water drop, has no practical importance, but when the experiment lasts more than 5 hours the water drop decreases considerably and it is necessary to open the chamber and supply the leaf with some water.

When all the possibilities of errors are considered they can be divided into two groups:

1. Constant errors which cause a constant difference between the readings made and the true changes in the volume of carbon dioxide. These are:

The simplification of equation (1)	— 0.057%
Changes in CO ₂ concentration	+ 2.0%
Changes in O ₂ concentration	— 3.1%

These errors make a difference only when the absolute assimilation rate is being calculated.

2. Accidental errors:

	capillary caliber 0.01 mm ²	capillary caliber 0.05 mm ²
Resistance of the kerosene column	0.0005 μ l	0.0002 μ l
Precision of the capillary	0.00005 μ l	0.00025 μ l
Error caused by readings not being simultaneous	0.005 — 0.0005 μ l	
Temperature changes and lack of precision in determining I	~ 0.005 μ l	

Taking everything into account the precision of the method described here can be estimated to be 10^{-3} μ l, i. e. the same as when the Cartesian diver method is used. However, if the experiments are to be successful, many difficulties must be overcome and much time and patience is needed.

3.3.5. Recording of experiments

In Table II the record made during the experiment on epistrophe-apostrophe reaction is given as an example of other records taken in the course of this work (see also fig. 23).

Table 2

Date of experiment Nov. 8th, 1953, *Lemna triulca* L20 Leaf area 7.4 mm². Area of the internal cross section of capillary f — 0.0257 mm², I — 1.06. Temperature 21°. At 8.30 a. m. 200 luxes illumination begins, at 9.15 a. m. leaf is placed in the dark (0 luxes)

Time	Time from beginning of darkness	Number of chloroplasts in epistrophe in the 10 cells	Position of meniscus in capillary A mm	ΔV_A	Position of meniscus in capillary B mm	ΔV_B	$\Delta V_B I$	$\Delta V_A - \Delta V_B \cdot I$	
				mm 100		mm 100	mm 100	mm/100	10 ⁻³ μ l
9.15	0	82	61.50	0	61.05	0	0	0	0
9.20	5	—	61.10	— 40	60.95	— 10	— 11	— 29	— 7.5
9.25	10	56	60.70	— 80	60.80	— 25	— 26	— 54	— 14
9.30	15	—	60.60	— 90	60.90	— 15	— 16	— 74	— 19
9.35	20	43	60.50	— 100	61.10	+ 5	+ 5	— 105	— 27
9.40	25	—	60.15	— 135	61.10	+ 5	+ 5	— 140	— 36
9.45	30	28	59.80	— 170	60.95	— 10	— 11	— 159	— 41
9.50	35	—	59.40	— 210	60.80	— 25	— 26	— 184	— 48
9.55	40	22	59.00	— 250	60.70	— 35	— 37	— 213	— 55

4. RESULTS

4.1. Time changes of photosynthesis and phototactic chloroplast movements.

In this part of the work the plant material used for experiments is kept for some time (20—60 mins) in constant light conditions and then the intensity of light is changed. After the change of intensity the behaviour of chloroplasts is watched carefully and their arrangements are noted every 5 or 10 minutes. At the same time changes in the volume of oxygen in the gaseous phase are noted. In figs. 10—23 changes in chloroplast arrangements are represented by the upper curves and the production or absorption of oxygen is shown in the lower ones. The curves are typical examples chosen from many repetitions.

4.1.1. Low light intensity — darkness

Lemna (fig. 10). A change to darkness from low light intensity causes in the cells of *Lemna* leaves a transition of chloroplasts to the side cell walls (apostrophe). After some 30 mins equilibrium is reached and the chloroplast arrangement then is usually incomplete apostrophe which remains unchanged for a long time. Oxygen is assimilated at an unchanging rate all the time the leaf is in darkness. This indicates that the mo-

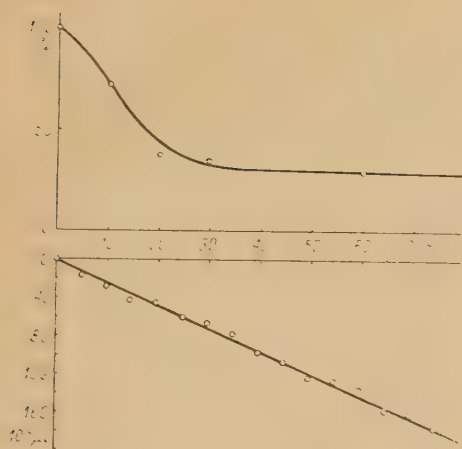


Fig. 10. *Lemna* L. 21. Time changes of chloroplast arrangements and gaseous metabolism. Upper curve — changes in percentage of epistrophe, lower curve — oxygen absorption in $10^{-3} \mu\text{l}$. Abscissae — time in minutes, light intensity $200 \rightarrow 0$ luxes, leaf area 7.06 mm^2 , respiration rate — $22.9 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10 \text{ mins}$

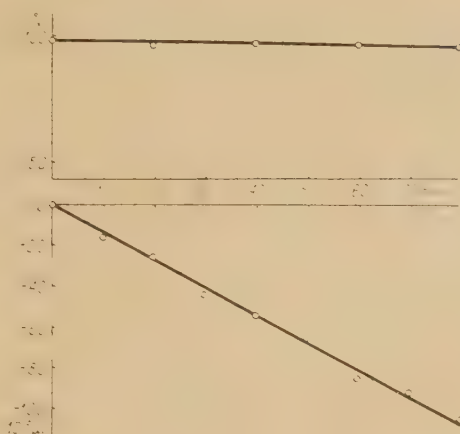


Fig. 11. *Mougeotia* M7. Total length of filaments approx. 82 mm. Light intensity $430 \rightarrow 0$ luxes. Respiration — $13.7 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10 \text{ mins}$. Descriptions in figs 11 to 23 as in fig. 10

vement of chloroplasts to apostrophe is not related with any measurable change in the rate of respiration. Similar results are obtained in the case of *Funaria* leaves.

Mougeotia (fig. 11). When the cells of this alga are darkened the chloroplasts do not move and remain in the same position, which they had in low light intensity. Here also the rate of respiration does not change from the moment the darkness begins.

Spirogyra. The chloroplasts of this plant have no phototactic movement capability and in this case also the rate of oxygen absorption does not change in darkness (fig. 12).

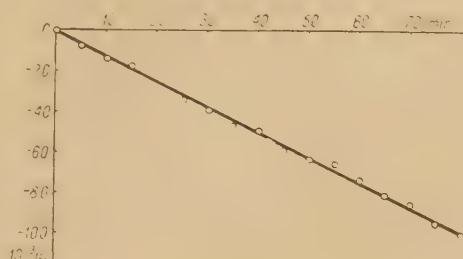


Fig. 12. *Spirogyra* S8. 16 fragments with total length 30.4 mm. Light intensity $200 \rightarrow 0$ luxes. Respiration — $12.9 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10 \text{ mins}$

4.1.2. Darkness — low light intensity

Lemna. When after an interval of darkness, which causes apostrophe, the plant is illuminated with light of low intensity, the chloroplasts move

to the bottom and upper cell walls, and after 15—30 mins full epistrophe is reached. The light used (200 luxes) causes a low assimilation (below the compensation point), but in all cases the consumption of oxygen is at first markedly higher than later, when it falls to reach a constant level after 30 mins. E. g. in experiment no. 11 (fig. 13) the absorption of oxygen

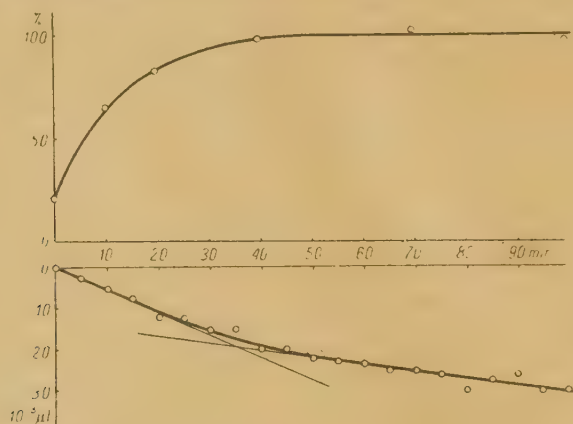


Fig. 13. *Lemna* L11. Leaf area 3.9 mm^2 . Intensity of light $0 \rightarrow 200$ luxes. Initial assimilation — $5.7 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{l}/10 \text{ mins}$, at the end — $1.6 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{l}/10 \text{ mins}$

is at first — $5, 7 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{l}$ during 10 mins, and later it settles at the level of — $1, 6 \cdot 10^{-3} \text{ } \mu\text{l}/10 \text{ mins}$. This indicates that at first just after the light is turned on, when most chloroplasts are still on the side walls, assimilation is slack, but when the chloroplasts move to epistrophe its rate increases. The time when changes in assimilation rate take place corresponds fairly well with the time of chloroplast arrangement changes.

Funaria (fig. 14). In this case the results are similar to these of *Lemna*. Here also the time necessary to attain a constant rate of assimilation corresponds approximately to the time in which full epistrophe is reached.

Mougeotia. In the case of this alga the relation between assimilation and the chloroplast arrangement is extremely well visible (fig. 15). When the cells are illuminated with light of low intensity and then placed in darkness for 30 mins. the chloroplasts do not change their arrangement and remain all the time in epistrophe. When the weak light is turned on, again all the chloroplasts are and remain without change in the flat position. From the moment the illumination begins, assimilation reaches a constant level and remains unchanged for about 2 hours. If the same alga cells are first illuminated with strong light and then left in darkness for 30 mins. the chloroplasts will move to the parastrophe position and remain in this position in darkness (S t a h l 1880. S e n n 1908). If

afterwards these cells are illuminated with light of low intensity, the chloroplasts will turn round to a flat position and will remain so far about 1 hour. The assimilation rate, which previously in the same alga

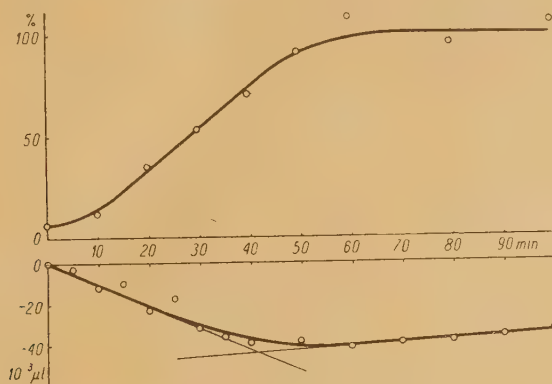


Fig. 14. *Funaria* F14. Two leaves with total area 1.01 mm². Light intensity 0 → 430 luxes. Assimilation at the beginning — $10 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins, at the end + $1,4 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins

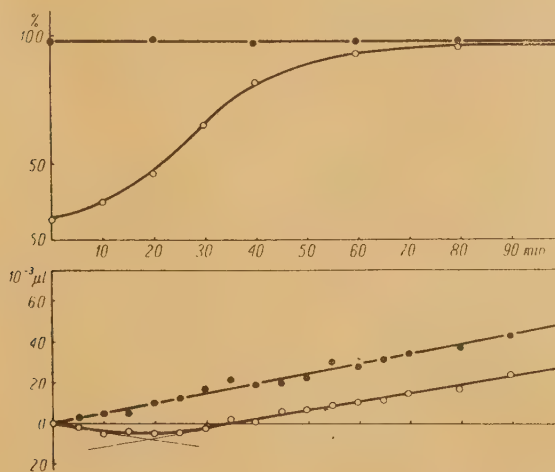


Fig. 15. *Mougeotia* M3. Total length of filaments approximately 53 mm. Light 0 → 430 luxes —.— chloroplasts in epistrophe, —.— before placing in the dark the alga is illuminated with bright light (parastrophe). Assimilation at the beginning — $3,1 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins, at the end + $5 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$

cells reached a constant value immediately when weak light was turned on, now is for some time much lower (below compensation point), then gradually begins to increase and finally reaches the same constant value as in the first part of this experiment.

Spirogyra. When after being kept in darkness for 30 mins the *Spirogyra* filaments are illuminated assimilation begins immediately at a constant rate (fig. 16).

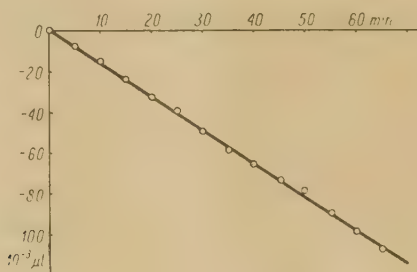


Fig. 16. *Spirogyra* S7. Total length of 35 fragments 98 mm. Light 0 $\rightarrow$ 200 luxes. Assimilation $- 10.7 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins

4.1.3. Low light intensity — strong light

Lemna. The change of light intensity from 200 to 8300 luxes causes a quick movement of chloroplasts to the side walls. Full parastrophe is reached after some 20 mins. The rate of photosynthesis, which in so

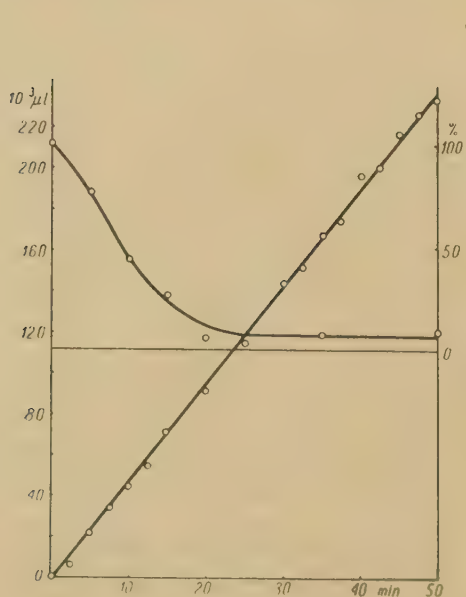


Fig. 17. *Lemna* L8. Leaf area 3.8 mm². Light 200 $\rightarrow$ 8250 luxes. Assimilation $- 48 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins

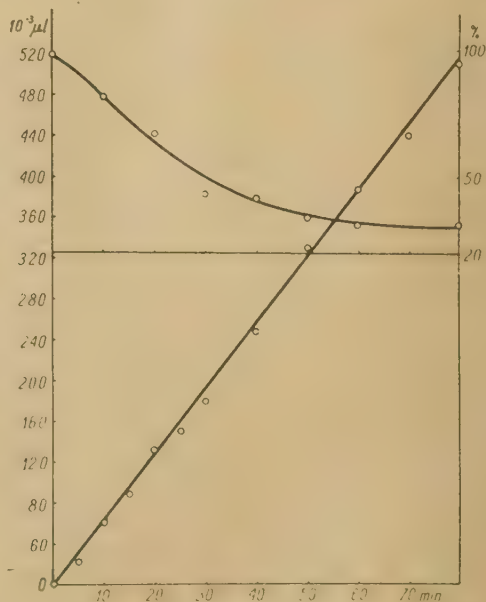


Fig. 18. *Mougeotia* M15. Total length of filaments approximately 96 mm. Light 430 $\rightarrow$ 12500 luxes. Assimilation $+ 68 \cdot 10^{-3} \mu\text{l}/10$ mins

strong light is fairly high, does not change during all the time the strong light acts. In spite of repeated measurements it was not possible to find any difference in the rate of photosynthesis between the time when most chloroplasts were still in the flat arrangement and the time when all of them were already in parastrophe. An example of this kind of experiments is given in fig. 17. It appears that the rush of chloroplasts to parastrophe does not influence in any way the rate of assimilation.

The behaviour of *Mougeotia* is much the same (fig 18). Strong light causes a turn of chloroplasts sideways and this process usually lasts 60 mins. The assimilation rate is constant from the movement when intense illumination begins.

In *Spirogyra* the assimilation rate is also constant; all the time illumination with strong light lasts (fig. 19).

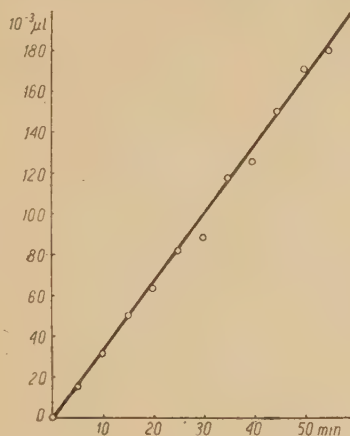


Fig. 19. *Spirogyra* S10 15 fragments with total length 36.4 mm. Light 200 → 8250 luxes. Assimilation = $32.7 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins

4.1.4. Strong light — low light intensity

In this kind of experiments it is necessary to observe carefully whether both reaction chambers are heated evenly, otherwise the equalization of temperature differences, which could arise during illumination with strong light, may cause a considerable source of error.

Lemna. From critically chosen experimental results it appears that there is a relation between the chloroplast arrangement and assimilation rate (fig. 20). After about 30 mins the chloroplasts return to epistrophe from the parastrophe arrangement. The assimilation slow at first, quickens after some time and reaches a constant value after about 30 mins.

Mougeotia (fig. 21). In strong light the chloroplasts are in a side position and move to a flat one in weak light. This process lasts approximately 50 mins. Assimilation slow at first quickens after some time. From the experiment from which curve 21 is plotted it appears, that assimilation reaches a constant value before the chloroplast arrangement is fully epistrophe in all cells.

Spirogyra. At the same moment as strong light is changed to light of a low intensity, the rate of photosynthesis in this alga reaches a constant value (fig. 22).

The course of four successive phototactic reactions taking place without any interruptions in a *Lemna* leaf is illustrated by fig 23. The curves demonstrating the course of the gaseous metabolism illustrate once more the processes already described.

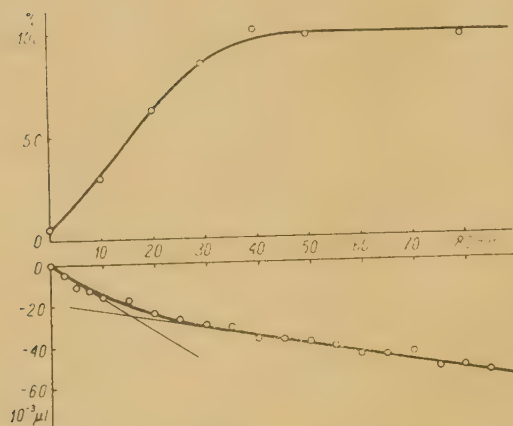


Fig. 20. *Lemna* L15. Leaf area 2.76 mm². Light 12500 $\rightarrow$ 200 luxes. Assimilation at the beginning — $16 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins, at the end — $4.2 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins

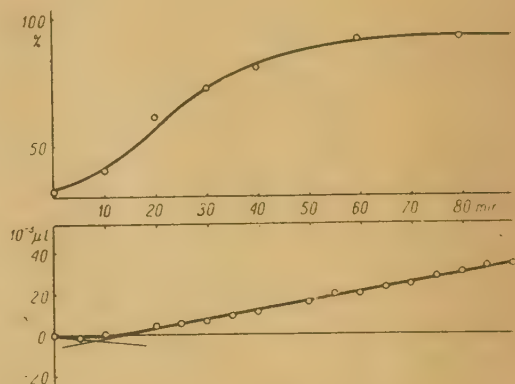


Fig. 21. *Mougeotia* M12. Total length of filaments approximately 185 mm. Light 12500 $\rightarrow$ 430 luxes. Assimilation at the beginning — $0.5 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins, at the end — $4.7 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins

On the whole it can be said that while in *Spirogyra*, the control plant, in which the chloroplast arrangement cannot change, assimilation rate reaches a constant value immediately when new light conditions prevail, in those plants in which the chloroplasts have a capability for phototactic

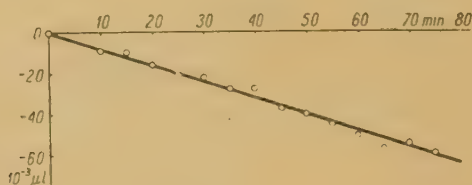


Fig. 22. *Spirogyra* S10. 15 fragments of total length 36.4 mm. Light 8250 $\rightarrow$ 200 luxes. Assimilation — $8 \cdot 10^{-3} \mu l/10$ mins

movements, photosynthesis can be influenced by the chloroplast arrangement. However, this influence appears only when light intensity is low, while in strong light the rate of assimilation is constant and does not depend on the chloroplast arrangement.

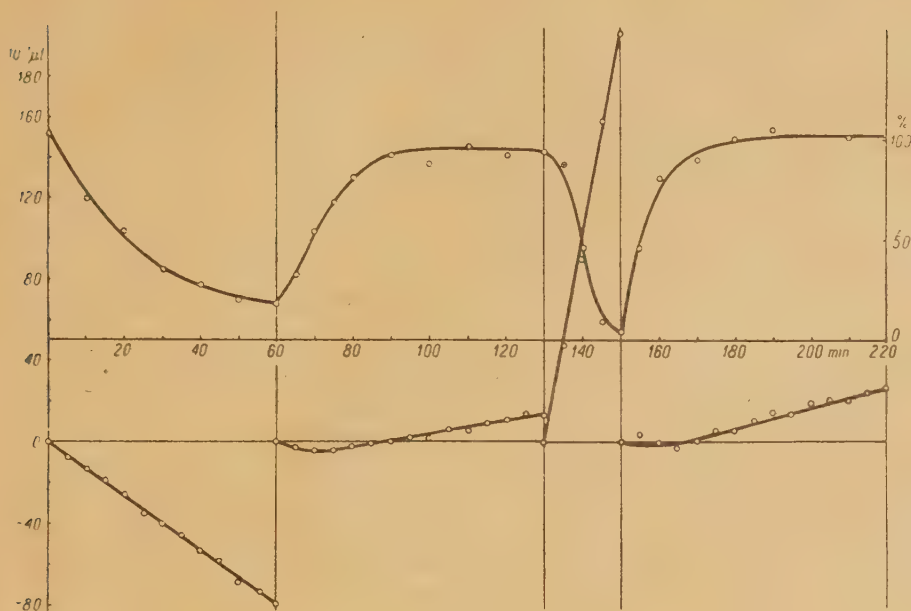


Fig. 23. *Lemna* L20. Leaf area 7.4 mm². Four successive phototactic reactions caused by changes in light intensity 200→0→200→12500→200 luxes

4.2. Influence of light intensity on the chloroplast arrangement and assimilation after a state of balance is reached

The method used here is the simple method of finding the light intensity — photosynthesis curve. After measuring the rate of respiration (20 mins) the object is illuminated during 30—40 mins and simultaneously the rate of photosynthesis is measured, then again measurements of respiration are made and so on by turns (Umbreit, Burris and Stauffer, 1948). If during illumination chloroplast movements take place, the time of illumination is prolonged till a state of balance in the chloroplast arrangement and photosynthesis is reached. In some cases, if the respiratory rate remains unchanged, measurements of respiration are made not after each interval of illumination, but after two successive intervals according to the pattern: respiration measurement — light intensity I, — light intensity II, — respiration measurement.

Lemna. The now obtained relation between the chloroplast arrangement and light intensity is in full accordance with the results published previously (Zurzycka and Zurzycki, 1953, Zurzycki, 1953). The respiratory rate of the leaf in the dark is $3-5 \cdot 10^{-4}$ μl/min/mm², and the maximum assimilation in strong light is $13-20 \cdot 10^{-4}$ μl/min/mm². The ratio of respiration to photosynthesis (1 : 3 — 1 : 6) is relatively high.

probably because the leaves used for experiments were fairly young and their respiratory rate was remarkable. The compensation point is between 200 and 400 luxes. The curves recording chloroplast arrangements and the light intensity — photosynthesis curve — correspond well (fig. 24).

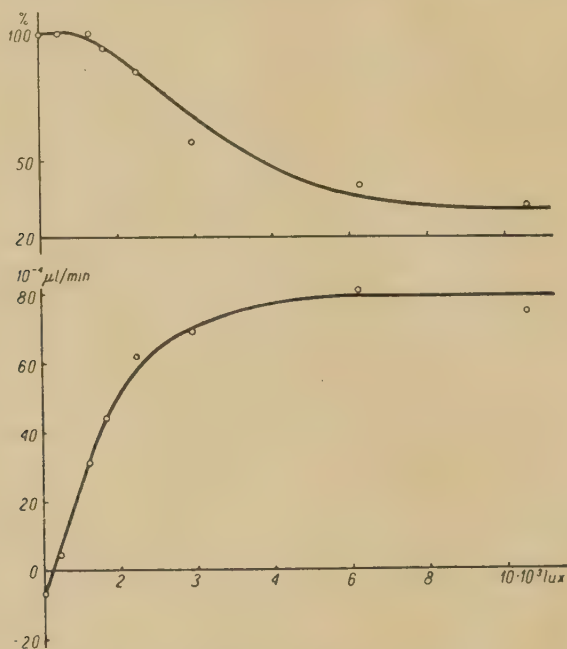


Fig. 24. *Lemna* L19. Light intensity — chloroplast arrangements (above) and light intensity — assimilation curves after equilibrium is reached. Leaf area 3.52 mm^2

Epistrophe is maintained in the growing light intensity to the same point to which the rate of photosynthesis increases linearly. The constant maximum assimilation rate is reached at a moment which corresponds more or less to the moment at which full parastrophe is reached.

Funaria is less sensitive to light (Zurzycki, 1953). The chloroplasts do not begin to move to parastrophe until light intensity is more than 4000 luxes. The linear increase of assimilation lasts until light intensity is approximately 3000 luxes. The constant maximum rate of photosynthesis is not reached until light intensity is 20 000 luxes, in this light intensity also a complete parastrophe is attained (fig. 25 and 26). Respiration rate is $0.5\text{--}1.3 \cdot 10^{-4} \mu\text{l/min/mm}^2$, assimilation maximum is $17\text{--}26 \cdot 10^{-4} \mu\text{l/min/mm}^2$, the ratio of respiration to maximum assimilation ranges from 1 : 16 to 1 : 22, the compensation point is approximately 300 luxes.

Mougeotia. The sensitivity to light of this plant proved now to be different from what was found in the course of a previous work (Zurzycki

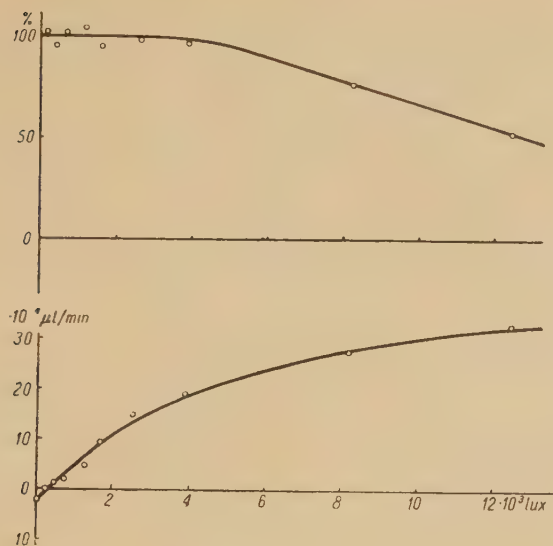


Fig. 25. *Funaria* F4. Total area of two leaves 1.49 mm^2 .
Descriptions of figs 25—28 as in fig. 24

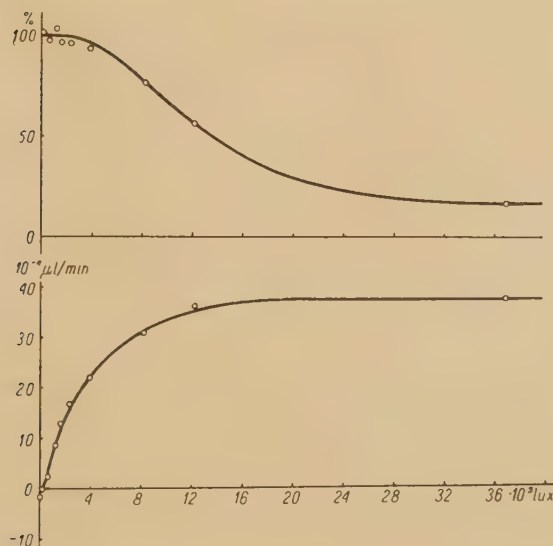


Fig. 26. *Funaria* F8. Total area of two leaves 1.08 mm^2

ki, 1953). This difference may be caused 1) by the difference in the species of the plants used for experiments or by their different ecology, and 2) by the lesser sensitivity of chloroplasts to light in autumn when the previous experiments were carried out. The latter reason seems to be more probable and such a drop in sensitivity has been observed in *Lemna*

(Zurzycka and Zurzycki, 1953). When light intensity is 1500 luxes, the chloroplasts begin to move to parastrophe. Complete parastrophe is reached at 8000 luxes. The course of assimilation cor-

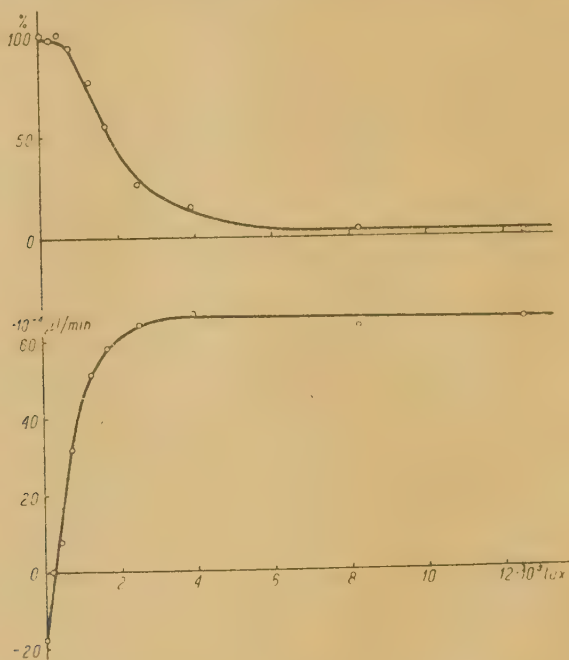


Fig. 27 *Mougeotia* Mb. Total length of filaments approximately 95 mm

respond to the curve illustrating the chloroplast arrangements. The increase of assimilation is linear to approximately 1500 luxes and its constant maximum value is reached at approximately 8000 luxes (fig. 27).

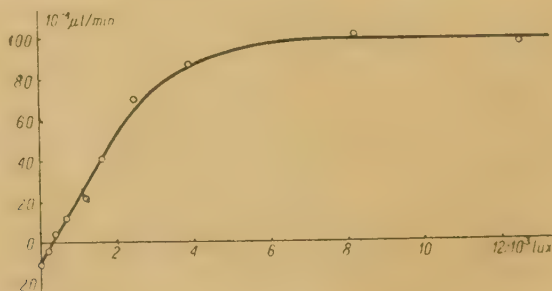


Fig. 28. *Spinogyras* S4. 28 fragments with total length 90.9.

Assimilation rate is $4-7 \cdot 10^{-4} \mu\text{l/min}/100 \text{ mm}$, maximum assimilation is $70-110 \cdot 10^{-4} \mu\text{l/min}/100 \text{ mm}$, and the ratio respiration: assimilation ranges from 1:12 — 1:17.

Spirogyra. The assimilation curve resembles on the whole to the corresponding curves already described. The increase of assimilation is linear to approximately 2500 luxes and maximum is attained at approximately 7000 luxes. Respiration rate is $8.8 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{l/min/100 mm}$, assimilation maximum is $110 \cdot 10^{-4}$ $\mu\text{l/min/100 mm}$, and the ratio respiration: maximum assimilation is 1 : 13.

4.3. Quantitative relation between chloroplast arrangements and photosynthesis

In most plants in which phototactic chloroplast movements take place, the change to parastrophe is accompanied not only by the decrease in the directly illuminated chloroplast area, but also by their movement to the side cell walls which are less illuminated than the remaining parts of the cell. This is also the case in *Funaria* and *Lemna*. Only in *Mougeotia*, the chloroplast of which turns round inside the cell, the change of light absorption is probably proportional to the change of chloroplast area. For this reason this alga was used for experiments on the quantitative relation between assimilation and chloroplast arrangements.

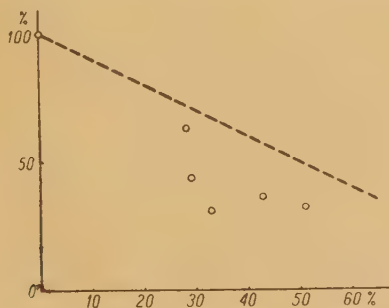


Fig. 29. *Mougeotia*. Dependence of initial assimilation expressed as percentage of final assimilation (ordinates) on initial chloroplast arrangement. The broken line represents the dependence of light absorption on chloroplast arrangements under the assumption, that all incident light is absorbed by the chloroplast

The technique used is as follows: first the complete or partial lateral arrangement of chloroplasts is induced with very strong light, then after measuring the respiration rate in darkness, light intensity is reduced to weak light and assimilation is registered for 10—15 mins and then again after 30 mins, when the assimilation rate reaches a constant level. After this the rate of respiration is measured once again. The results obtained are illustrated by a curve (fig. 29), in which the initial assimilation (ex-

pressed as a percentage of full assimilation) is plotted against the percentage decrease of assimilation area.

The results obtained are so scattered, that it is impossible to make any conclusions of a quantitative nature. However, it is remarkable that the drop of assimilation, when compared to the decrease of chloroplast area, is considerable. In graph 29 the broken line represents the changes of light absorption (ordinate) plotted against changes of chloroplast arrangements (abscissa); in plotting this curve it is assumed that all the light is absorbed by the chloroplast ($E = \infty$) (c. f. Zurzycki, 1953). It is found experimentally that assimilation always decreases more than one might judge from changes of absorption. This phenomenon, although it needs further confirmation on more plant material, seems to indicate that chloroplast arrangements determine the wave-length of light absorbed.

5. DISCUSSION

In the literature of the subject suppositions are often made that changes in chloroplast arrangements, and especially their flight to parastrophe, are connected with changes of assimilation (e. g. M o n t f o r t and N e y d e l, 1928). Experimental results here described indicate, that such a relation does exist, but only within a restricted range of light intensities, i. e. only in light of low intensity. The relation between the rate of photosynthesis and the chloroplast arrangement is confirmed a) by the transient inhibition of assimilation during the first few minutes of illumination with light of low intensity, when chloroplasts are not yet fully in the epistrophe arrangement, and b) by the fact that epistrophe is attained at the moment when assimilation reaches a constant level. The lack of influence of chloroplast arrangements on photosynthesis in strong light is explained by the light intensity — photosynthesis curves. The light intensities, which cause parastrophe, lie within the range of light intensities, which have no further influence on photosynthesis (the part of the curve parallel to the x — axis). The movement of chloroplasts from a flat to a lateral arrangement is always connected with a change of light absorption, but such a change influence the rate of photosynthesis only in low light intensities, when light is the limiting factor. In strong light the displacement of chloroplasts has no such influence. If therefore the biological significance of phototactic movements leading to epistrophe (weak light) can be understood as a tendency to absorb as much light as possible and thus increase the rate of photosynthesis, the lack of influence on photosynthesis of phototactic movements leading to parastrophe does not explain the significance of these movements. It seems

possible that a decrease of light absorption limits a harmful activity of strong light.

Many experiments were carried out on the drift of photosynthesis immediately after illumination begins. O s t e r h o u t and H a a s (1918) were the first to observe, that when the thalli of *Ulva* were illuminated, after being previously kept in the dark, assimilation did not begin immediately at its full rate, but for some time (for 2 hours approximately) the rate gradually increased. Two years later W a r b u r g (1920) found, that when a suspension of *Chlorella* cells was illuminated with strong light, the rate of photosynthesis increased gradually during an induction period lasting approximately two minutes. T s i T u n g L i (1928) using the bubble method and working on such water plants as *Elo-dea*, *Myriophyllum*, *Potamogeton* etc. found, that after a change in light intensity, approximately two minutes had to elapse before assimilation rate reached a constant level. A transfer to weak light caused a characteristic transient inhibition or even an interruption of photosynthesis, a transfer to bright light inhibition. In his *Fontinalis* investigation H a r d e r (1930, 1933) demonstrated a transient induction period, lasting usually 1 hour and often several hours. He also found, that the induction period and the later course of photosynthesis depended on the intensity of illumination and on the intensity of light to which the plant had been adapted previously. N e y d e l (1930) reported, that in *Trichomanes* and *Cladophora* assimilation rate reached a constant level after approximately two hours. V a n d e r P a a u w (1932) found that in *Hormidium* photosynthesis was inhibited for 1—2 minutes, and the duration of the induction period was clearly dependent on temperature. In some cases, e. g. when the leaf was kept in darkness for a long time, the induction was of a different kind and lasted 20—45 minutes. A similar inhibition lasting 50 mins was found in *Mnium* by B r i g g s (1933). E m e r s o n and G r e e n (1934) experimenting on photosynthesis of the red alga *Gigartina* demonstrated that assimilation did not begin immediately with a constant rate, and did not reach it till after 10—20 mins. A similar activation period was observed by B u k a t s c h (1935) in *Spirogyra*. This activation period lasts 1 hour and depends on temperature, the duration of the previous period of darkness, etc. In contradiction of the earlier results G e s s n e r (1937) reports that in numerous water plants an induction period appears only in exceptional cases, e. g. when the plant is long kept in darkness, and that in most cases the maximum value of assimilation is attained already in the first measurements (with the method he used, measurements can be made every 20 minutes). G e s s n e r questions most earlier results because of the insufficient precision of their technique. S m i t h (1938), investigating assimilation in *Cabomba*, demonstrated a transient induction period of 2—4 mins, both in

strong and weak light. Detailed investigations on the induction period were made by Steeman Nielsen (1942, 1949). He ascertained in *Fucus* a period of activation lasting 10—30 minutes after transfer from the dark to weak light, as well as after transfer from weak to strong light. After transfer from strong to weak light induction appeared only in low temperatures (it may be that in higher temperatures the induction was so short lasting, that it could not be registered). A similar phenomenon was observed in *Cladophora*, though the change from strong to weak light was not accompanied by the drop in assimilation. During the last few years special laboratory techniques are used more and more frequently and these make possible very frequent and even continuous measurements of photosynthesis rate. This enables to observe very accurately the changes in the rate of this process during the first minutes after illumination begins. Using the new technique Blinks and Skow (1938), Mc Allister and Myers (1940), Aufdemgarten (1939, a and b), van der Veen (1949) and Frank (1951) ascertained, that in numerous algae and in higher plants in the course of 1—5 minutes the rate of photosynthesis undergoes several complicated changes before it is established at a constant level. Using manometric technique it is found that in *Chlorella* the rate of photosynthesis in strong light is established at a constant level after 2—5 minutes (Emerson and Lewis, 1939, 1941, 1943, Schwartz, 1952), on the other hand in light of low intensity no transient induction period is detected with the manometric method (Warburg, 1948).

It can be assumed as a general rule, that if the method used permits a continuous measurement of photosynthesis, than independently of the material used the change in photosynthesis rate appear from 30 secs till 2 or most 5 minutes after the plant is illuminated. On the other hand longer induction periods are seldom observed, and if they are ascertained, they are mostly caused by some external factors. It seems probable, that the short induction periods are caused by disturbances in the chemical equilibrium between the initial and intermediate products of photosynthesis, by the reactivation and inactivation of some enzymes etc. (van der Veen, 1949). However, it does not seem probable that these factors would cause changes in the rate of photosynthesis, which would last half an hour or even several hours. It is likely that the long induction periods are caused by other factors than those just mentioned. One of these factors may be — besides the inactivation of chlorophyll (Steeman Nielsen, 1949) — the phototactic movements of chloroplasts.

Steeman Nielsen's (1942) paper describes an investigation on the influence of external conditions on the induction phenomenon. The behaviour of chloroplasts under the influence of external conditions has not been studied in *Fucus*, but if the well known chloroplast movements

of *Lemna* are compared to the inhibition process in *Fucus*, a close similarity between the two processes can be observed in many instances. The following similarities can be here mentioned: 1) the activation of photosynthesis after a transfer from the dark to light of low intensity which corresponds in time to the apostrophe — epistrophe reaction, 2) the drop of assimilation after a transfer from strong to weak light which corresponds to the parastrophe — epistrophe reaction, 3) the lack of a drop in assimilation after a transfer from 2300 to 1200 luxes (Steeman Nielsen, 1942, fig. 25) corresponding to the persistence of epistrophe within this range of light intensities, and 4) changes in the drop of assimilation when the plant is transferred to weak light, after being illuminated first with strong light and then kept in the dark during varying time intervals (Steeman Nielsen, 1942, fig. 27) and the analogical changes in chloroplast arrangements under similar conditions (Zurzycka and Zurzycki, 1953, fig. 3, curve 1a). On the other hand the following facts testify against the influence of chloroplast arrangements on photosynthesis: 1) the high value of the drop of assimilation, 2) the same rate in assimilation drop increase after a transfer to darkness from 2300 luxes and from 23 000 luxes, 3) the induction periods which occur also in plants the chloroplasts of which have no ability for phototactic movements (e. g. *Cladophora*).

It is impossible to explain all the observed long lasting induction periods by the changes in chloroplast arrangements, but phototactic movements can be among the factors influencing induction. Even if in the case of *Fucus* studied by Steeman Nielsen chloroplast movements had no important effect, the numerous analogies which occur between inhibition and phototactic movements must be accounted for. To decide finally whether in the case of *Fucus* the two processes are synchronized, a microscope control of chloroplast arrangements would be necessary (a simple measurement of light absorption in the thallus is definitely insufficient to exclude the possibility of chloroplast movements).

The shape of light intensity — photosynthesis curves is typical in all the experiments, i. e. the curve can be divided into three sections: 1) at first the increase of photosynthesis rate is linear and proportional to the increase of light intensity, 2) the increase in photosynthesis rate becomes slower (the bow shaped part of the curve), and finally 3) the further increase of light intensity has no influence on photosynthesis. In no instance a drop of assimilation was observed (Steeman Nielsen, 1949), probably because the light intensities used were not sufficiently high. Górski (1953) interprets the curve in the following way: part 1) of the curve, i. e. the part which runs along a straight line, corresponds to the condition in which light is the only limiting factor in the whole of the illuminated material; in section 2), i. e. the bow shaped section

of the curve, light is the limiting factor in a part only of the material and in the remaining parts light is already in excess; in section 3) of the curve light ceases to be the limiting factor in the whole of the plant material. When the assimilation layer is thin the bow shaped part of the curve (section 2) is comparatively short, as is the case in the unicellular layer of the alga *Hormidium* (van der Horst, 1930). The somewhat greater length of this section of the curve in the case of *Funaria* can be explained by the greater concentration of chlorophyll in the chloroplasts of this species.

There is a pronounced correlation between the changes of chloroplast arrangements and the changes influenced by light intensity in the drift of photosynthesis. The facts which demonstrate this correlation are: 1) the flight of chloroplasts from epistrophe begins in the same light intensity in which photosynthesis rate ceases to be proportional to light, i. e. when light ceases to be the limiting factor in a part of the investigated plant cells, and 2) full parastrophe is reached when light is in excess in the whole of the investigated object. From what precedes it seems probable, that the only chloroplasts, which move from epistrophe to parastrophe are those, in which light is no longer the limiting factor. The complete lack of influence on assimilation drift of the partial displacement of chloroplasts to parastrophe during the epistrophe — parastrophe reaction in medium light intensity (i. e. in that light intensity in which the light is not yet in excess), seems to confirm such a supposition.

S U M M A R Y

1. A microtechnique based on a capillary tube respirometer for photosynthesis measurements was elaborated. This technique makes possible measurements of gaseous metabolism in leaves several mm² in area and in alga filaments several mm long. An analysis of possible errors indicates that the accuracy of the method is of the order 10⁻³ μ l. In the respirometer used during the experiments the plant material can be illuminated with varying light intensities and can be magnified 150 x (for observation).

2. Simultaneous measurements of changes in chloroplast arrangements and photosynthesis drift disclose a relation between these two processes, but in weak light only. In low light intensities the increase of assimilation area (apostrophe — epistrophe and parastrophe — epistrophe reactions) is related to an increase of photosynthesis rate. Both respiration in the dark and the assimilation in strong light have a constant rate dependent of simultaneous changes in chloroplast arrangements. The two processes: assimilation and the epistrophe — parastrophe reac-

tion are independent of each other, because changes in light absorption caused by changes of chloroplast arrangements in strong light (light is then in excess) cannot influence photosynthesis, which is opposite to what takes place in low light intensities, when light is the limiting factor.

3. The shape of light intensity — photosynthesis curve shows some relation with chloroplast arrangements. As long as photosynthesis rate increases proportionally to light intensity chloroplasts are in epistrophe. Full parastrophe is reached in that light intensity, in which a further increase of intensity has no influence on photosynthesis.

The author wishes to express his most sincere gratitude to Prof. Dr F. Górski for the most valuable help and kind criticism he offered him in the course of this work.

Laboratory of Plant Physiology
Jagiellonian University
Kraków

(Received 12.VII.1954)

L I T E R A T U R E

- Alister Mc E. D. and Meyer, 1940. Time course of photosynthesis and fluorescence. „Science“ 92, 241 — 243.
- Aufdemgarten H., 1939. Zur Kenntnis der sogenannten Induktionsvorgänge bei der Kohlensäureassimilation, „Planta“ 29, 643 — 673.
- Aufdemgarten H., 1939. Weitere Untersuchungen mit dem Gaswechselschreiber über die Kohlensäureassimilation, „Planta“ 30, 343 — 352.
- Blinks L. R. and R. K. Skow, 1938. The time course of photosynthesis as shown by a rapid electrode method for oxygen, „Proc. Nat. Acad. Sc.“ 24, 420 — 427.
- Briggs E. G., 1933. Experimental researches on vegetable respiration XXI. Induction phases in photosynthesis and their bearing on the mechanism of the process, „Proc. Roy. Soc. B.“, 113.
- Brilliant W. A., 1949. Fotosintez kak prociess žizniediejatelnosti rastienja, Akad. Nauk, Moskwa.
- Bukatsch F., 1935. Beiträge zur Kenntnis der Kohlensäureassimilation durch Süßwasseralgen, „Jahrb. wiss. Bot.“, 81, 419 — 447.
- Cunningham B. and Kirk P. L., 1940. A new form of differential micro-respirometer, „J. Gen. Physiol.“, 24, 135 — 149.
- Cunningham B. and Kirk P. L., 1942. The oxygen consumption of single cells of *Paramecium caudatum* as measured by a capillary respirometer, „J. Cell. Comp. Physiol.“, 20, 119 — 134.
- Emerson R. and L. Green, 1934. Manometric measurements of photosynthesis in the marine alga *Gigartina*, „J. Gen. Physiol.“, 17, 817 — 842.
- Emerson A. and Lewis C. M., 1939. Factors influencing the efficiency of photosynthesis „Am. J. Bot.“, 26, 808 — 822.
- Emerson R. and Lewis C. M., 1939. Factors influencing the efficiency of photosynthesis „Am. J. Bot.“, 26, 808 — 822.
- Emerson R. and Lewis C. M. 1941. Carbon dioxide exchange and the measurement of the quantum yield of photosynthesis, „Am. J. Bot.“, 28, 789 — 804.

- Emerson R. and Lewis C. M., 1943. The dependence of the quantum yield of *Chlorella* photosynthesis on wave length of light, „Am. J. Bot.“, 30, 165 — 178.
- Frank J., 1951. The physical background of photosynthesis, „Symp. of the Soc. for Exp. Biol.“, 5, 160 — 175.
- Gerard R. W. and Hartline H. K., 1934. Respiration due to natural nerve impulses. A method for measuring respiration, „J. Cell. Comp. Physiol.“, 4, 141 — 160.
- Gessner F., 1937. Untersuchungen über Assimilation und Atmung submerser Wasserpflanzen, „Jahrb. Wiss. Bot.“, 85, 267 — 328.
- Gjubbenet E. R., 1951. Rastienje i chlorofill, Akad. Nauk, Moskwa.
- Glick D., 1949. Techniques of histo-and cytochemistry, Interscience Publ. Inc., New York.
- Górski F., 1953. Contribution to the theory of limiting factors, „Acta Soc. Bot. Pol.“, 22, 1 — 31.
- Harder R., 1930. Über die Assimilation der Kohlensäure bei konstanten Aussenbedingungen I, „Planta“ 11, 263 — 293.
- Harder R., 1933. Über die Assimilation der Kohlensäure bei konstanten Aussenbedingungen II, „Planta“ 20, 699 — 733.
- Honert van den, T. H., 1930. Carbon dioxide assimilation and limiting factors, „Rec. trav. bot. neerl.“, 27, 149 — 286.
- Linderstrøm Lang K., 1942. Approximate solution of certain diffusion problems in liquid systems, „Compt. rend. Lab. Carlsberg Ser. Chim.“, 24, 249 — 280.
- Linderstrøm Lang K., 1943. On the theory of the cartesian diver microrespirometer „Compt. rend. Lab. Carlsberg. Ser. Chim.“, 24, 333 — 398.
- Li Tsi Tung, 1929. The immediate effect of change of light on the rate of photosynthesis, „Ann. of Bot.“ 43, 587 — 601.
- Metzner P., 1928. Über ein „Horizontal-Vertikal Mikroskop“, „Zeitschr. f. wiss. Mikroskopie“ 49, 1 — 10.
- Montfort C. und Neydel K., 1928. Zur Beurteilung der „Inaktivierung“ und des „Zeitfaktors“ der Lichtwirkung bei der Assimilation stomatafreier Schattenfarne, „Jahrb. wiss. Bot.“, 68, 801 — 843.
- Moyse A., 1952. La photosynthèse I, „L'année Biologique“, 28, 217 — 293.
- Moyse A., 1953. La photosynthèse II, „L'année Biologique“ 29, 166 — 244.
- Neydel K., 1930. Vergleichende Studien über die Wirkung des Lichtes und ansteigender Temperatur auf die CO₂ Assimilation bei verschiedener Lichteinstellung, „Biochem. Z.“, 228, 451 — 486.
- Osterhout W. J. V. and Haas A. R. O., 1918. On the dynamics of photosynthesis, „J. Gen. Physiol.“ 1, 1 — 22.
- Paauw van der F., 1932. The indirect action of external factors on photosynthesis, „Rec. trav. bot. neerl.“ 29, 497 — 620.
- Pratt R., 1943. Studies on *Chlorella vulgaris* VIII. Influence on photosynthesis of prolonged exposure to sodium bicarbonate and potassium bicarbonate, „Am. J. Bot.“, 30, 626 — 629.
- Schanderl H. und Kaempfert W., 1933. Über die Strahlungsdurchlässigkeit von Blättern und Blattgeweben, „Planta“ 13, 700 — 750.
- Schwartz M., 1952. Quantum efficiency, light intermittency and induction effect in photosynthesis, Theses, Doct. Phil. Univ. of Wisconsin.
- Senn G. 1908. Die Gestalts- und Lagerveränderung der Pflanzenchromatophoren, Engelmann, Leipzig.

- Smith E. L., 1938. The induction period in photosynthesis, „J. Gen. Physiol.“ 21, 151 — 163.
- Stahl W., 1880. Über den Einfluss von Richtung und Stärke der Beleuchtung auf die einige Bewegungsercheinungen in Pflanzenreiche, „Bot. Zeit.“ 38, 297.
- Steemann Nielsen E., 1942. Der Mechanismus der Photosynthese, „Dansk Bot. Ark.“ 11, 1 — 95.
- Steemann Nielsen E., 1949. A reversible inactivation of chlorophyll *in vivo*, „Physiol. Plant.“ 2, 247 — 265.
- Stefanelli A., 1937. A new form of micro-respirometer with a note on the effect of cleavage on the respiration of the egg of Rana, „J. Exp. Biol.“ 14, 171 — 177.
- Tobias J. M., 1943. Microrespiration techniques, „Physiol. Revs.“ 23, 51 — 75.
- Tobias J. M., and Gerard R. W., 1941. An improved capillary microrespirometer, „Proc. Soc. Exp. Biol. Med.“ 47, 531 — 533.
- Tyler A. and Berg W., 1941. A new type of microrespirometer, „Science“ 94, 397 — 398.
- Umbreit W. W., Burris R. H. and Stauffer J. F., 1948. Manometric techniques and related methods for the study of tissue metabolism, Burgess Pub. Co., Minneapolis.
- Veen van der R., 1949. Induction phenomena in photosynthesis I, „Physiol. Plant.“ 2, 217 — 234.
- Veen van der R., 1949. Induction phenomena in photosynthesis II, „Physiol. Plant.“ 2, 287 — 296.
- Voerckel H., 1934. Untersuchungen über die Phototaxis der Chloroplasten, „Planta“ 21, 156 — 205.
- Warburg O., 1919. Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlensäure-zersetzung in lebenden Zellen, „Biochem. Z.“ 100, 230 — 262.
- Warburg O., 1920. Über die Geschwindigkeit der photochemischen Kohlen-säurezersetzungs in lebenden Zellen 11, „Biochem. Z.“ 103, 188 — 211.
- Warburg O., 1948. Assimilatory quotient and photochemical yield, „Am. J. Bot.“ 35, 194 — 204.
- Withrow R. B. and Price L., 1953. Filters for the isolation of narrow regions in the visible and near visible spectrum, „Plant Physiol.“ 28, 105 — 114.
- Zurzycka A. and Zurzycki J., 1950. The influence of temperature on phototactic movements of chloroplasts, „Acta Soc. Bot. Pol.“ 20, 665 — 680.
- Zurzycka A. i Zurzycki J., 1953. Badania nad ruchami fototaktycznymi chloroplastów, „Acta Soc. Bot. Pol.“ 22, 667 — 678.
- Zurzycki J., 1953. Arrangement of chloroplasts and light absorption in plant cell, „Acta Soc. Bot. Pol.“ 22, 299 — 320.
- Zurzycki J. and Zurzycka A., 1952. Investigation onto phototactic movements of chloroplasts in *Selaginella Martensii* Spring, „Bull. Acad. Sc. Polon.“, Sér. B, 235 — 251.

Zgnilizny odziomkowe sosny zwyczajnej i ich warunki rozwojowe

Część II. Wpływ warunków glebowych w leśnictwie Dobrygość (nadleśnictwo Rychtal)

Butt rots of Scotch Pine and the conditions of their development *II. Influence of soil conditions in Forestry Dobrygość* *(Forests of Rychtal, West-Poland)*

S. DOMANSKI I W. DZIĘCIOŁOWSKI

WSTĘP

Praca niniejsza przedstawia właściwie nie drugi, ale już trzeci etap badań poświęconych zagadnieniu zgnilizn odziomkowych w starszych drzewostanach sosny zwyczajnej (*Pinus silvestris* L.). Dla wyjaśnienia podaje się, że zgnilizny odziomkowe są to zgnilizny występujące w dolnej odziomkowej części pnia żywego drzewa. U sosny z reguły występują one w drewnie twardzielowym. W pierwszej pracy (D o m a ń s k i, 1952) ustalono przede wszystkim sprawców powyższych zgnilizn w drzewostanach rosnących w leśnictwie Jezioro w Wielkopolskim Parku Narodowym w Ludwikowie. Głównym sprawcą okazał się grzyb *Polyporus circinatus* Fr. (*P. tomentosus* var. *circinatus* Fr.), zwany hubą filcowatą. Na 367 zbadanych wtedy odziomków ze zgnilizną — 260 zawierało zgniliznę wywołaną przez ten grzyb. Badania drugiego etapu (D o m a ń s k i, 1953) wykazały między innymi, że infekcja drzew przez *P. circinatus* w Jeziorach następuje głównie na końcach korzeni wglębnych.

Praca niniejsza ma na celu: 1) stwierdzenie sprawców zgnilizn odziomkowych, które występują w starszych drzewostanach rosnących w innych okolicach kraju, głównie dlatego, by przekonać się, czy układ stosunków, stwierdzony w dwóch pierwszych pracach, nie jest przypadkowo specyficzny tylko dla terenów WPN w Ludwikowie oraz 2) poznanie bliżej warunków, towarzyszących występowaniu zgnilizn odziomkowych.

Stronę fitopatologiczną opracował pierwszy z autorów, badania gleboznawcze przeprowadził drugi.

Szczególnie serdeczne podziękowanie składają autorzy prof. drowi K. Z a l e s k i e m u i prof. drowi M. K w i n i c h i d z e przede wszystkim za rady i wskazówki udzielone w trakcie badań gleboznawczych oraz za przejrzenie rękopisu i poprawki w nim poczynione.

TEREN BADAŃ ORAZ NIEKTÓRE METODY BADAWCZE

Terenem badań był około 90-letni drzewostan sosnowy, rosnący w leśnictwie Dobrygość (nadleśnictwo Rychtal) w typie lasoboru. W skład jego wchodziła sosna z pojedynczą domieszką brzozy (*Betula verrucosa* Ehrh.), dębu (*Quercus sessilis* Ehrh.), sporadycznie buka (*Fagus sylvatica* L.). W runie leśnym przeważała borówka czernica (*Vaccinium myrtillus* L.), orlica pospolita (*Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn.), a od południa w zagłębieniu jeżyny: popielica (*Rubus caesius* L.) i bukietowa (*R. thyrsoides* Wimm.), na wzniesieniu natomiast miejscami żarnowiec (*Sarothamnus scoparius* L.).

Badania odbywały się na prostokątnym pasie o wymiarach 255×65 m (1,66 ha), na którym w jesieni 1951 roku przeprowadzono zręb zupełny. Po wykonaniu zrębu, w celu określenia sprawców występujących tam zgnilizn odziomkowych, wycięto z dolnego końca pnia drzew o chorych odziomkach po jednym krążku grubości około 10 cm. Następnie wszystkie drzewa ze zdrowymi i chorymi odziomkami w ogólnej liczbie 670 zostały naniesione na szkic, na którym przy punktach oznaczających drzewa z chorymi odziomkami umieszczono kolejny numer oraz stadium występującej w nich zgnilizny. Do określania stadium rozwojowego zgnilizny stosowano schemat podany w poprzedniej pracy (Domański, 1952).

Po wykarczowaniu pozostałych po ścięciu drzew pniaków, przeprowadzono ocenę stopnia rozwoju oraz budowy systemów korzeniowych większości drzew, stosując do tego celu schemat podany w jednym z dalszych rozdziałów tej publikacji. Równocześnie notowano także stan zdrowotny korzeni powierzchniowych, korzenia palowego oraz bocznych korzeni wgłębnych, pobierając z chorych korzeni pewną ilość próbek w celu ustalenia sprawcy ich choroby. Sprawcę zgnilizn odziomkowych i korzeni oznaczano przede wszystkim metodą pożywkową, stosując jako pożywkę agar maltozowy o pH 5.5 z zawartością 2% agaru i 3—4% ekstraktu słodowego.

MAKROSKOPOWY OPIS ZGNILIZN ORAZ ICH SPRAWCY

Występujące w badanym drzewostanie zgnilizny odziomkowe drewna twardzielowego można podzielić w zależności od zabarwienia na trzy grupy. Do pierwszej z nich należały zgnilizny typu brunatnego, charakterystyczne dla ogólnie przytaczanych sprawców zgnilizn odziomkowych: *Polyporus circinatus* Fr., *P. Schweinitzii* Fr. (ryc. 1), *Sparassis crispa* Wulf i *Fomes pini* Karst.

Do drugiej grupy zaliczono zgnilizny typu brunatnego, posiadające jednak mniejsze lub większe nieregularne wysepki rozłożonego drewna zabarwione na kolor siny, sinoczarny lub czarny.

Trzecią grupę stanowiły zgnilizny o sinej, sinoczarnej lub czarnej barwie, nietypowej — według źródeł dostępnych autorowi — dla żadnego z ogólnie przytaczanych sprawców zgnilizn odziomkowych. W dal-



Ryc. 1. Poprzeczny przekrój odziomka sosny nr 28: końcowe (III) stadium zgnilizny, wywołanej przez *Polyporus, Schweinitzii* Fr.

a — zgnilizna drewna twardego, b — zdrowy biel

szym ciągu niniejszego opracowania zgnilizny te nazywać się będzie czarnymi zgniliznami w zależności od mniej lub więcej czarnego zabarwienia, jakie przyjmują one ostatecznie w końcowym stadium swego rozwoju.

Tabela I podaje sprawców powyższych trzech rodzajów zgnilizn. Wynika z niej, że największą rolę w wywoływaniu zgnilizn odziomkowych w badanym drzewostanie odgrywał grzyb *Polyporus circinatus*. Poraził on 129 drzew, co stanowiło 19,5% ogółu zbadanych, a 85,2% wszystkich (158) sosen z chorymi odziomkami. Do wymienionej liczby drzew z odziomkami zawierającymi zgniliznę *P. circinatus* wliczono także te drzewa z czarną zgnilizną w odziomku, u których rozłożony twardeł posiadał poza barwą cechy typowe dla zgnilizny powodowanej przez ten grzyb, a zwłaszcza drobnokieszonkową strukturę oraz tendencję do rozpadu wzdłuż słoików rocznych. Proces tworzenia się bowiem czarnej zgnilizny był przeważnie poprzedzony procesem rozkładu drewna twardego, głównie przez *P. circinatus*, a sporadycznie i przez *Sparassis crispa* oraz *P. Schweinitzii*. Grzyby te torowały drogę grzybom z rodziny *Dematiceae* i *Mucedinaceae* do odziomka pnia. Wskazują na to już choćby dwa wypadki wyosobnienia gatunków *Torula* sp. I i *Haplographium* sp. z po-

T a b e l a I

Drzewostan w oddziale 30 leśnictwa Dobrygość: ilości sosen ze zgnilizną odziomkową, zestawione według gatunków wyosobnionych z nich grzybów

L. p.	Gatunki grzybów wyosobnionych ze zgnilizny	Miejsce infekcji	Ilość drzew ze zgnilizną odziomkową			
			ogół.	w stadium		
				I	II	III
A. Zgnilizny brunatne						
1	<i>Polyporus circinatus</i>	korzenie	110	72	35	3
2	<i>P. circinatus</i> + <i>Torula</i> sp. I	"	1		1	
3	<i>P. Schweinitzii</i> + <i>Haplographium</i> sp.	"	1			1
4	<i>Sparassis crispa</i>	"	2			2
5	<i>Fomes pini</i>	pień	7	5	2	
6	<i>Corticium</i> sp. (?)	"	1	1		
7	Niezidentyfikowany	?	2	2		
B. Zgnilizny brunatne z wyspami czarnej zgnilizny (na pierwszym miejscu podano sprawcę zgnilizny brunatnej, na dalszych grzyby wyosobnione z wysp czarnej zgnilizny).						
8	<i>P. circinatus</i> + <i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. II	korzenie	3			3
9	<i>P. circinatus</i> + <i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. I + <i>Torula</i> sp. II	"	1			1
10	<i>P. circinatus</i> + <i>Torula</i> sp. I + <i>Torula</i> sp. II + <i>Verticillium</i> sp. II	"	1			1
11	<i>P. circinatus</i> + <i>Haplographium</i> sp. + <i>Trichoderma</i> sp. II	"	1			1
12	<i>P. circinatus</i> + <i>Torula</i> sp. I	"	1			1
13	<i>Sparassis crispa</i> + <i>Cenococcum</i> sp.	"	1			1
C. Czarne zgnilizny						
a) Zgniłe drewno o strukturze typowej dla zgnilizny powodowanej przez <i>P. circinatus</i>						
14	<i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. II (?)	korzenie	3			3
15	<i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. II (?) + <i>Septonema</i> sp.	"	1			1
16	<i>Gliocladium</i> sp. II (?) + <i>Septonema</i> sp. + <i>Nematoloma fasciculare</i> H u d s.	"	1			1
17	<i>Haplographium</i> sp. + <i>N. fasciculare</i>	"	1			1
18	<i>Haplographium</i> sp. + <i>Torula</i> sp. I	"	1			1
19	Niezidentyfikowany	"	7		6	1
b) Zgniłe drewno o innej strukturze						
20	<i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. II (?)	korzenie	1			1
21	<i>Cenococcum</i> sp. + <i>Gliocladium</i> sp. II (?) + <i>Trichoderma</i> sp. II	"	1			1
22	Niezidentyfikowany	"	10	10		
R a z e m			158	90	44	24

średniego (II) stadium zgnilizny, wywołanej przez *P. circinatus* bądź przez *P. Schweinitzii* i nie wykazującej jeszcze zupełnie obecności wysp o sinej czy czarnej barwie. Poza tym w odziomkach drzew, wymienionych w tabeli I pod B, sine lub czarne zabarwienie zgniłego drewna, spowodowane przez posuwające się od strony korzeni grzyby z rodziny *Dematiaceae*, rozszerzało się zawsze w zgniliźnie wywołanej uprzednio w odziomku przez *P. circinatus* lub *Sparassis crispa*.

Odcień zabarwienia czarnej zgnilizny zależał przede wszystkim od stopnia rozłożenia drewna przez *Polyporus circinatus* bądź przez *Sparassis crispa*. W wypadku gdy było ono w początkowym (I) stadium rozkładu, opanowujące je wtórnie grzyby z rodziny *Dematiaceae* nadawały mu odcień bardziej siny. W miarę jednak jak drewno ulegało silniejszemu rozkładowi, barwa czarnej zgnilizny zmieniała się na szarą, sino brunatną, a w końcu brudnoczarną.

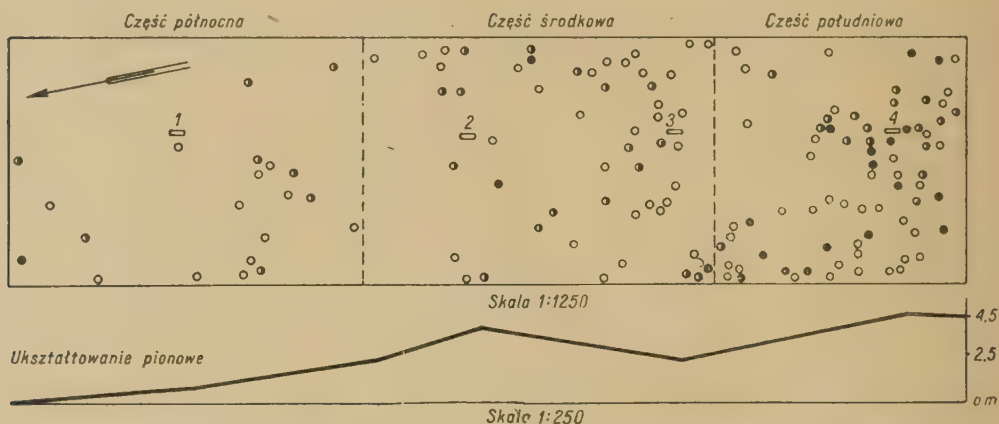
Prócz tego prawie że normalnego procesu powstawania czarnej zgnilizny niektóre obserwacje każą przypuszczać, że wymienione w tabeli I grzyby z rodziny *Dematiaceae* miały również zdolność samodzielnego rozkładania drewna twardego. Wskazywałyby na to: 1) sina „strefa inwazyjna“ o szer. 2—20 mm, otaczająca zawsze wysepki czarnej zgnilizny i niekiedy wchodząca nieregularnymi językami w drewno nie opanowane przez *P. circinatus* w odziomkach niektórych drzew oraz 2) występowanie czarnej zgnilizny o innej strukturze zgniłego drewna niż struktura zgnilizny, którą wywoływały w twardej przytocznej w tabeli I grzyby — sprawcy zgnilizn typu brunatnego.

Reasumując trzeba stwierdzić, że główny udział (148 drzew = 93,7%) w zgniliznach odziomkowych w badanym drzewostanie miały zgnilizny wywołane przez grzyby atakujące drzewa od strony korzeni. Dla uproszczenia nazwano je oddolnymi zgniliznami odziomkowymi w odróżnieniu od odgórnych zgnilizn odziomkowych, spowodowanych przez grzyby atakujące drzewa od strony pnia. Wśród sprawców tych zgnilizn w przytłaczającej większości stwierdzono *Polyporus circinatus*. Z powyższych względów ocenę warunków rozwojowych ograniczono w tym wypadku wyłącznie do zbadania warunków glebowych oraz prześledzenia ich wpływu na rozwój korzeni i na przebieg ich pierwotnej infekcji oraz wtórnej — odziomków, przede wszystkim zaś przez *P. circinatus*.

ROZMIESZCZENIE DRZEW Z ODDOLNYMI ZGNILIZNAMI ODZIOMKOWYMI W BADANYM DRZEWOSTANIE

Było ono decydującą sprawą przy wyborze powyższego drzewostanu jako terenu badań. Dla uwydatnienia różnic w opanowaniu poszczególnych części drzewostanu przez zgnilizny odziomkowe podzielono go na trzy części: północną, środkową — obie po 0,61 ha powierzchni — i południową o powierzchni 0,44 ha.

Tabela II podaje zestawienie ilościowe, a rycina 2 — rozmieszczenia drzew z chorymi odziomkami na wyżej wymienionych trzech częściach drzewostanu.



Ryc. 2. Drzewostan w oddz. 30 leśn. Dobrygość: szkic pokazujący ukształtowanie pionowe oraz rozmieszczenie czterech dołów glebowych i 148 sosen z oddolnymi zgniliznami odziomkowymi.

Doły glebowe nr 1—4 (prostokąty 1—4), sosna ze zgnilizną w początkowym (I) stadium (kółko), sosna ze zgnilizną w pośrednim (II) stadium (kółko czarno-białe), sosna ze zgnilizną w końcowym (III) stadium rozwojowym (kółko czarne)

Jak widać z ryciny 2 i tabeli II udział oddolnych zgnilizn odziomkowych zwiększał się znacznie pod względem ilościowym i jakościowym w miarę przesuwania się z północnej ku południowej części drzewosta-

Tabela II

Drzewostan w oddziale 30 leśnictwa Dobrygość; bezwzględne i procentowe ilości sosen zdrowych i z oddolną zgnilizną odziomkową w poszczególnych trzech jego częściach

Część drzewostanu	Ilość sosen		
	ogółem	z oddolną zgnilizną	
		bezwzględna	w %
Północna	249	21	8
Środkowa	257	53	21
Południowa	164	74	45
Razem	670	148	22

nu. Cyfrowo różnice pod względem jakościowym przedstawiały się w ten sposób, że w sumie drzew ze zgnilizną w pośrednim (II) i końcowym (III) stadium rozwojowym było w przeliczeniu na 1 ha prawie sześciokrotnie więcej (84 drzewa) w południowej niż w północnej części drzewostanu (15 drzew). Podobnie przedstawiało się rozmieszczenie czarnych zgnilizn.

Na 34 drzewa, zawierające w odziomkach czarną zgniliznę w różnych stadiach rozwojowych, w północnej części występowało 5, w środkowej 9, a w południowej 20, co w przeliczeniu na 1 ha wynosiło kolejno 8,15 i 45.

BUDOWA I STAN ZDROWOTNY SYSTEMU KORZENIOWEGO A ZDROWOTNOŚĆ ODZIOMKÓW

Między rozmieszczeniem zgnilizn odziomkowych w badanym drzewostanie a stopniem rozwoju systemu korzeniowego, ściślej mówiąc korzenia palowego, istniała dość wyraźna zależność. Tabela III charakteryzuje stopień rozwoju oraz stan zdrowotny systemu korzeniowego w poszczególnych częściach drzewostanu. Schemat, za pomocą którego oceniano stopień rozwoju systemu korzeniowego, przedstawiono poniżej.



Ryc. 3. System korzeniowy klasy 1 u sosny nr 104:
p — korzeń palowy; s — szyja korzeniowa; 1, 2 — korzenie powierzchniowe; 3, 4, 6 — żywe boczne korzenie wgłębne, 5 — boczny korzeń wgłębny obumarły na końcu, na skutek infekcji, wywołanej przez *Fomes annosus*; a — odnoga korzenia palowego obumarta na skutek infekcji, wywołanej przez ten sam grzyb, b — żywa odnoga korzenia palowego z odciętymi zakończeniami.

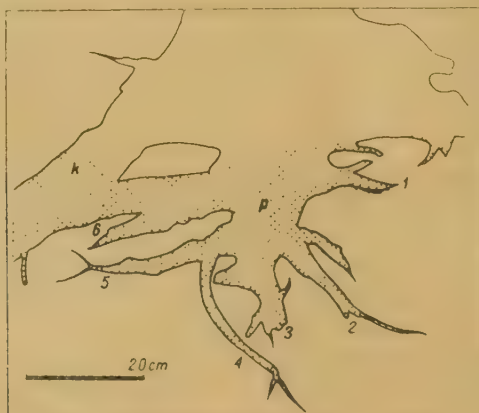


Ryc. 4. Wałcowaty korzeń palowy (w systemie korzeniowym klasy 1) u sosny nr 124 w północnej części drzewostanu: p — korzeń palowy; k — boczny korzeń wgłębny; w punktach 1, 4, 5, 6 odcięto boczne odnogi korzenia palowego, w punktach 2 i 3 natomiast boczne korzenie wgłębne, podczas gdy w punktach 7, 8 i 9 zostały odcięte korzenie powierzchniowe



Ryc. 5. Stożkowaty korzeń palowy (w systemie korzeniowym klasy 2) u sosny nr 132 w środkowej części drzewostanu:

p — korzeń palowy; w punktach 1 i 2 odcięto korzenie powierzchniowe, w punktach 3 i 4 boczne korzenie wgłębne, w punktach 5, 6 i 7 natomiast boczne odnogi korzenia palowego

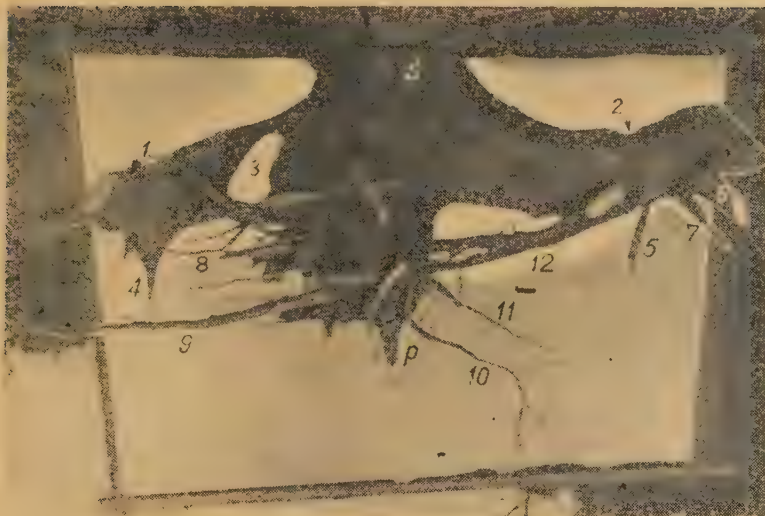


Ryc. 6. Burakowaty korzeń palowy (w systemie korzeniowym klasy 2) u sosny nr 39:

p — korzeń palowy; k — boczny korzeń wgłębny o ukośnym przebiegu, 1, 2, 3, 4, 5 i 6 — boczne odnogi korzenia palowego

Partie systemu korzeniowego zakropkowane były martwe

Uwaga. Ryciny 4, 5, 6 i 10 zostały przerysowane przez kalkę z fotografii, które nie nadawały się do reprodukcji



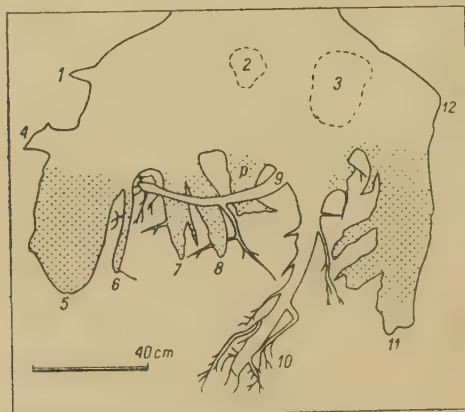
Ryc. 7. System korzeniowy klasy 3 u sosny nr 25 w południowej części drzewostanu: p — obumarły na końcu korzeń palowy; s — szyja korzeniowa; 1, 2 — główne korzenie powierzchniowe z odciętymi zakończeniami; 3 — ślad po odciętym korzeniu powierzchniowym; 4, 5, 6, 7 — boczne korzenie głębokie z odciętymi martwymi końcami; 8, 9, 10, 11, 12 — żywe boczne odnogi korzenia palowego o poziomym lub ukośnym przebiegu nad warstwą gleby, w której obumarły jego końce.



Ryc. 8. System korzeniowy klasy 3 u sosny nr 105 w południowej części drzewostanu: p — korzeń palowy, zasłonięty przez boczny korzeń głęboki nr 9, s — szyja korzeniowa; w punktach 1, 2, 3, 4 odcięto korzenie powierzchniowe; 5, 16 — żywe główne korzenie powierzchniowe, 6, 13, 14, 15 — żywe boczne korzenie głębokie, 7, 8, 9, 10, 11, 12 — martwe boczne korzenie głębokie



Ryc. 9. System korzeniowy sosny nr 105 po usunięciu niektórych bocznych korzeni wgłębnych:
p — martwy korzeń palowy; reszta oznaczeń jak na ryc. 8



Ryc. 10. System korzeniowy klasy 3 u sosny nr 29 w południowej części drzewostanu:
p — kikut obumarłego korzenia palowego; w punktach 1, 2, 3, 4, 12 — odcięto korzenie powierzchniowe; 5, 6, 7, 8, 9, 10 i 11 — boczne korzenie wgłębne.
Partie zakropkowane były w chwili badania drzewa martwe

System korzeniowy klasy 1: z bardzo silnym, głębokim, najczęściej walcowatym korzeniem palowym lub kilkoma głębokimi i grubymi korzeniami wgłębnymi zamiast korzenia palowego. Rozgałęzienie korzenia palowego następuje poniżej głębokości 1 m (ryc. 3 i 4).

System korzeniowy klasy 2: ze średnio rozwiniętym korzeniem palowym zwykle kształtu burakowatego, sercowatego lub stożkowatego, rozgałęziającym się płycej niż na głębokości 1 m; boczne korzenie wgłębne przeważnie silnie rozwinięte, niekiedy o przebiegu poziomym lub skośnym (ryc. 5 i 6).

System korzeniowy klasy 3: z bardzo słabo rozwiniętym, cienkim i krótkim korzeniem palowym; często zamiast niego — kilka mniej lub więcej ukośnie lub poziomo przebiegających, bardzo słabo rozwiniętych korzeni wgłębnych lub zwykły wiecheć cienkich korzeni rozgałęziających się w różnych kierunkach. Stosunkowo silniejsze boczne korzenie wgłębne często o przebiegu ukośnym lub poziomym (ryc. 7—10).

Należy przy tym podkreślić, że u drzew z systemem korzeniowym klasy 2, a zwłaszcza 3, zawsze prawie istniała dość duża dysproporcja między stopniem rozwoju korzenia palowego i bocznych korzeni wgłębnych. Najlepiej ilustrują to ryciny 8 i 9, na których przedstawiono system korzeniowy sosny nr 105.

Tabela III

Drzewostan w oddziale 30 leśnictwa Dobrygość; bezwzględne i procentowe ilości drzew zestawione według klas i zdrowotności systemu korzeniowego

Część drzewostanu		Ilości sosen z systemem korzeniowym klasy							
		1		2		3		Ogółem	
		bezwzgl.	%	bezwzgl.	%	bezwzgl.	%	bezwzgl.	%
Północna	A	189	76	32	13	28	11	249	100
	B	10	5	10	31	16	57	36	14
Środkowa	A	85	48	59	34	32	11	176	100
	B	3	4	24	41	21	66	48	27
Południowa	A	34	26	56	43	41	31	131	100
	B	3	9	32	57	31	76	66	50
Razem	A	308	55	147	26	101	18	—	—
	B	16	5	66	45	68	67	—	—

Uwagi:

A — ogólna ilość i procent drzew w danej części drzewostanu

B — ilość oraz procent drzew o chorym systemie korzeni wgłębnych, obliczony w stosunku do ogólnej ilości drzew w danej części drzewostanu (oznaczonej przez A)

Z tabeli III widać, że: 1) w miarę przechodzenia z północnej części drzewostanu na południową zmniejszał się bardzo wyraźnie procent drzew o silnie wykształconym korzeniu palowym, a wzrastał procent drzew o średnio i bardzo słabo wykształconym oraz 2) w każdej części drzewostanu system korzeniowy z silnie wykształconym korzeniem palowym wykazywał zawsze bardzo wysoką zdrowotność, natomiast system korzenio-

wy ze średnio i słabo wykształconym korzeniem palowym odznaczał się bardzo niską zdrowotnością, zwłaszcza korzeni wgłębnych.

Nie było to bez wpływu na stan zdrowotny odziomków przede wszystkim ze względu na to, że gatunki grzybów wyosobnionych z chorych korzeni niewiele odbiegały według tabeli IV od gatunków, wyosobnionych z chorych odziomków. Poza tym — jak widać z tabeli V — pierwotna infekcja drzew przez głównego sprawcę zgnilizn — *P. circinatus* rozpoczynała się przeważnie od końców korzeni wgłębnych, a zwłaszcza korzenia palowego.

Tabela IV

Ilościowe zestawienie grzybów, wyosobnionych z pewnej ilości chorych i martwych korzeni wgłębnych sosen w oddziale 30 leśnictwa Dobrygość

L. p.	Gatunek grzyba	Ilościowy wynik diagnozy żywok.		
		z brunatnej lub białej zgnilizny	z czarnej zgnilizny	Razem
1	<i>Polyporus circinatus</i>	31	—	31
2	<i>Fomes annosus</i>	14	—	14
3	<i>Armillaria mellea</i> (Vahl.) Quél.	5	—	5
4	<i>Nematoloma fasciculare</i>	—	1	1
5	<i>Cenococcum</i> sp.	4	7	11
6	<i>Gliocladium</i> sp. I (?)	4	4	8
7	<i>Gliocladium</i> sp. II (?)	—	2	2
8	<i>Penicillium</i> sp.	1	—	1
9	<i>Stemphylium</i> sp. I	—	1	1
10	<i>Stemphylium</i> sp. II	—	1	1
11	<i>Torula</i> sp. I	4	9	13
12	<i>Torula</i> sp. II	2	—	2
13	<i>Trichoderma</i> sp. I	1	—	1
14	<i>Trichoderma</i> sp. II (?)	2	—	2

Jeśli teraz drzewo posiadało głęboki, silnie zbudowany korzeń palowy, to zakażenie jego następowało — przede wszystkim jak to już podkreślano — o wiele rzadziej i z nielicznymi wyjątkami w późniejszym wieku niż u drzew nie posiadających takiego korzenia, o czym można było wnioskować ze słabego stopnia opanowania go przez zgniliznę. Po zakażeniu przez grzyb duża masa drewna takiego korzenia i stosunkowo wielka odległość, jaka dzieliła odziomek pnia od punktu pierwotnej infekcji następującej w takim wypadku gdzieś na głębokości około 1,5 m (drzewa nr 92, 55, 69, 100, 74, 120 według kolejności przyjętej w tabeli V), opóźniały moment wtórnej infekcji wywoływanej w odziomku przez grzybnie, która posunęła się wzwyż od korzenia palowego. Wyjątek zachodził wtedy, kiedy infekcja ta nastąpiła na bocznych odnogach korzenia palowego, wyrastających z niego na niewielkiej głębokości (0,3 — 0,5 m).

względnie — gdy infekcję tę wywołał *Fomes annosus* lub *Armillaria mellea*. Infekcja korzeni przez te dwa ostatnie grzyby stwarza wprawdzie niebezpieczeństwo dla życia drzewa, ale prawie nigdy nie grozi wywołaniem zgnilizny odziomkowej w strzale żywej sosny (Rishbeth 1951, Domański 1952).

Znacznie większe niebezpieczeństwo wywołania oddolnej zgnilizny odziomkowej zachodziło w wypadku pierwotnej infekcji na korzeniu palowym klasy 2, największe natomiast — u drzew o cienkim, płytkim, jakby niedorozwiniętym korzeniu palowym klasy 3. Przede wszystkim — jak to już wspomniano — niebezpieczeństwo infekcji w warunkach wzrostu takiego korzenia było o wiele większe, przy czym następowała ona przeważnie o wiele wcześniej niż w warunkach wzrostu systemu korzeniowego klasy 1. Poza tym niewielka masa takiego korzenia i nieznaczna jego długość pozwalały *P. circinatus* i posuwającym się przeważnie za nim grzybom z rodziny *Dematiaceae* i *Mucedinaceae* szybciej go rozłożyć i w ten sposób prędzej osiągnąć twardziel odziomka niż w wypadku systemu korzeniowego klasy 1. Głównie tym wszystkim względom należy przypisać obecność największej ilości zgnilizn odziomkowych w ogóle, a czarnych zgnilizn w szczególności, zwłaszcza w południowej części drzewostanu, gdzie drzew z systemem korzeniowym kl. 3 było najwięcej.

Poza tym jednak obniżająca się zdrowotność systemów klasy 2 i 3 w środkowej, a zwłaszcza w południowej części drzewostanu (tab. III), nasuwa przypuszczenie, że w miarę przesuwania się w kierunku południowej części drzewostanu musiały potęgować się warunki predysponujące powyższe klasy systemu korzeniowego do opanowania przez grzyby. Nie jest również wykluczone, że warunki glebowe, powodujące niedorozwój przede wszystkim korzenia palowego, stanowiły równocześnie w obu tych częściach drzewostanu u pewnej, wzrastającej w kierunku południowego krańca drzewostanu, liczby drzew pierwotną przyczynę zamierania takich słabo wykształconych korzeni. Z tych względów infekcja ze strony grzybów patogenicznych byłaby w takich wypadkach zjawiskiem wtórnym, następującym na martwych korzeniach. Dlatego też na przykład grzyby, sprawcy czarnej zgnilizny, mogłyby dostać się do odziomka takich drzew bez współudziału *P. circinatus*. Nie było to jednak zjawiskiem nagminnym. W przeciwnym bowiem razie procent drzew o chorym systemie korzeniowym klasy 2, a zwłaszcza 3, musiałby oscylować we wszystkich częściach drzewostanu około 100.

WARUNKI TERENOWE I GLEBOWE W BADANYM DRZEWOSTANIE ORAZ ICH WPŁYW NA WYSTĄPIENIE ODDOLNYCH ZGNILIZN ODZIOMKOWYCH

Oddział 30 leśnictwa Dobrygość położony jest w pradolinie Proсны na lekko sfalowanym terenie (ryc. 2) ze skłonem w kierunku rozciągającej się na wschódzie doliny tej rzeki.

T a b e l a V
Drzewostan w oddziale 30 leśnictwa Dobrygosc: klasa i zdrowotność systemu korzeniowego a stan zdrowotny odziomków u niektórych drzew

Nr drzewa	Część drzewostanu	Klasa systemu korzeniow.	Stan zdrowotny korzenia palowego	Stan zdrowotny odziomka	Pochodzenie zgnilizny odziomkowej
84	Półn.	1	końcowe odnogi na głęb. 1,1 m martwe ze zgnilizną <i>Fomes annosus</i>	zdrowy	—
91		1	jw. na głęb. 1,0 m	zdrowy	—
92		1	jw. na głęb. 1,8 m ze zgnilizną <i>Polyporus circinat</i>	zdrowy	—
64		2	martwy z czarną zgnilizną	II stadium zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z korzenia palowego
104		2	jak nr 84 na głęb. 1,5 m	zdrowy	—
67		3	martwy z czarną zgnilizną	II st. czarnej zgnilizny	z korzenia palowego
68		3	" " "	III " "	" "
49	Środk.	1	zdrowy z wyj. cienkich martwych odnóg bocznych na głęb. 0,5 m ze zgnilizną <i>P. circinatus</i>	I st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z bocznych odnóg korzenia palowego
50		1	jw. na głęb. 0,3—0,4 m	zdrowy	—
55		1	końcowe odnogi martwe na gł. 1,3 m ze zgnil.	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z bocz. odnóg korz. pal.
61		1	jak nr 49 na głęb. 0,3 m	zdrowy	—
62		1	końcowe odnogi martwe na gł. 1,5 m	zdrowy	—
74		1	końcowe odnogi martwe	zdrowy	—
100		1	jak nr 84	zdrowy	—
106		1	zdrowy z wyj. poziomej odnogi bocznej na głęb. 0,3 m	II st. czarnej zgnilizny	z bocz. odnogi korz. pal.
107		1	końcowe odnogi martwe na gł. 1,2 m	zdrowy	—
39		2	martwy z czarną zgnilizną	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z korzenia palowego
46		2	kilka końcowych odnóg martwych	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	" "
70		2	martwy z czarną zgnilizną	zdrowy	—
71		2	" " "	III st. czarnej zgnilizny	z korzenia palowego
36		3	" " "	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z bocz. korzeni węgłn.
43		3	brak danych	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z korzenia palowego
60		3	martwy z czarną zgnilizną	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z korzenia palowego

Tabela V (c. d.)

80	Środk.	3	martwy ze zgnilizną <i>P. circinatus</i>	zdrowy II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	— z korzenia palowego
105		3	" " "	I st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	" "
12		3	martwy z czarną zgnilizną	II st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z martwych bocznych korzeni wgłębnych
37		?	?		
76	Połudn.	1	końcowe odnogi martwe ze zgnilizną <i>P. circinatus</i>	I st. zgnilizny <i>P. circinatus</i>	z korzenia palowego i korz. powierzchniowych
77		1	zdrowy	zdrowy	—
78		1	jak nr 84	zdrowy	—
120		1	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,2 m	III st. czarnej zgnilizny	z korzenia palowego
27		2	gros końcowych odnóg martwych z czarną zgnilizną	III st. zgnil. <i>P. circinatus</i> z wyspami cz. zgnil.	" "
31		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 0,75 m z czarną zgnilizną	III st. zgnil. <i>P. circinatus</i> z wyspami cz. zgnil.	" "
33		2	jw.	III st. czarnej zgnilizny	" "
38		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,0 m z czarną zgnilizną	I " "	" "
108		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 0,8 m z czarną zgnilizną	zdrowy	—
109		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,0 m z czarną zgnilizną	zdrowy	—
110		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,0 m z czarną zgnilizną	zdrowy	—
111		2	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,0 m z czarną zgnilizną	III st. zgnilizny <i>P. circinatus</i> z wysp. cz. zgn.	z korzenia palowego
23		3	końcowe odnogi martwe na głęb. 1,0 m z czarną zgnilizną	III st. czarnej zgnilizny	" "
25		3	zupetnie ugniły	III " "	" "
26		3	martwy z czarną zgnilizną	III " "	" "
29		3	" " "	III st. zgnil. <i>P. circinatus</i> z wysp. cz. zgnil.	" "
30		3	" " "	III st. zgnil. <i>P. circinatus</i> z wysp. cz. zgnil.	" "
35		3	" " "	III st. zgnil. <i>P. circinatus</i> z wysp. cz. zgnil.	" "
51		3	" " "	II. st. zgn. <i>P. circinatus</i>	" "

T a b e l a VI

Opis i skład mechaniczny gleby w drzewostanie sosnowym w odziale 30 w leśnictwie Dobrygość

Część drzewostanu	Nr dołu charakteryzującego część drzewostanu	Opis gleby, jej skład mechaniczny oraz odczyn (pH)																																													
Pn	1	A₀ — 2 cm A₁ — miąższości ok. 15 cm z zaciekami do 25 cm, szarobrunatny; piasek słabo gliniasty, drobnoziarnisty; stopniowo przechodzi w poziom następny. A₂ — miąższości ok. 45 cm, białawożółty z brunatnymi plamami; piasek luźny, drobnoziarnisty. B — od góry żółty piasek luźny, z warstwowaniem żelazystym, na głęb. 110 cm słabo oglejony. W miarę wzrastania głębokości zwiększa się domieszka części spławialnych. Od głębokości przeciętnej 150—200 cm do 265 cm warstwa iłu; poniżej żółto-brunatny, gruboziarnisty piasek luźny, świeży.																																													
		<table><tr><th rowspan="2">Głębokość w cm</th><th colspan="5">Skład mechaniczny w %</th><th rowspan="2">pH</th></tr><tr><th>część spławialna < 0,02 mm</th><th>pył drobny 0,02—0,05 mm</th><th>pył średni 0,05—0,1 mm</th><th>piasek 0,1—1,0 mm</th><th>części szkieletowe > 1,0 mm</th></tr><tr><td>10</td><td>7,0</td><td>7,0</td><td>9,0</td><td>77,0</td><td>2,2</td><td>4,2</td></tr><tr><td>50</td><td>3,0</td><td>5,0</td><td>11,0</td><td>81,0</td><td>0,2</td><td>4,3</td></tr><tr><td>120</td><td>9,0</td><td>8,0</td><td>10,0</td><td>73,0</td><td>2,2</td><td>6,3</td></tr><tr><td>190</td><td>64,0</td><td>3,0</td><td>7,0</td><td>6,0</td><td>—</td><td>7,5</td></tr><tr><td>270</td><td>4,0</td><td>6,0</td><td>10,0</td><td>80,0</td><td>0,7</td><td>—</td></tr></table>	Głębokość w cm	Skład mechaniczny w %					pH	część spławialna < 0,02 mm	pył drobny 0,02—0,05 mm	pył średni 0,05—0,1 mm	piasek 0,1—1,0 mm	części szkieletowe > 1,0 mm	10	7,0	7,0	9,0	77,0	2,2	4,2	50	3,0	5,0	11,0	81,0	0,2	4,3	120	9,0	8,0	10,0	73,0	2,2	6,3	190	64,0	3,0	7,0	6,0	—	7,5	270	4,0	6,0	10,0	80,0
Głębokość w cm	Skład mechaniczny w %					pH																																									
	część spławialna < 0,02 mm	pył drobny 0,02—0,05 mm	pył średni 0,05—0,1 mm	piasek 0,1—1,0 mm	części szkieletowe > 1,0 mm																																										
10	7,0	7,0	9,0	77,0	2,2	4,2																																									
50	3,0	5,0	11,0	81,0	0,2	4,3																																									
120	9,0	8,0	10,0	73,0	2,2	6,3																																									
190	64,0	3,0	7,0	6,0	—	7,5																																									
270	4,0	6,0	10,0	80,0	0,7	—																																									
Śr	2	A₀ — 2 cm A₁ — miąższości 20 cm, szarobrunatny; piasek słabo gliniasty, różnoziarnisty; stopniowo przechodzi w poziom następny. A₂ — miąższości 60 cm; żółtawy; piasek luźny, drobnoziarnisty. B — miąższości 80 cm, rdzawy; piasek słabo gliniasty, różnoziarnisty, miejscami od 120 cm z dużą domieszką żwiru i kamieni (do 40%), bardzo wilgotny. Od 140 cm do 210 cm żółtawy piasek luźny, drobnoziarnisty. Poniżej warstwa gliny pylastej z wstawką (grub. 30 cm) piasku drobnorównoziarnistego. Od wschodniej strony na głęb. 120 cm i niżej duża domieszka żwiru i kamieni.																																													
		<table><tr><th colspan="6">Skład mechaniczny w %</th><th>pH</th></tr><tr><td>10</td><td>8,5</td><td>8,0</td><td>17,0</td><td>66,5</td><td>5,0</td><td>4,6</td></tr><tr><td>50</td><td>4,0</td><td>14,0</td><td>35,0</td><td>47,0</td><td>1,0</td><td>4,8</td></tr><tr><td>120</td><td>4,5</td><td>3,0</td><td>4,0</td><td>88,5</td><td>0,5</td><td>5,5</td></tr><tr><td>190</td><td>4,0</td><td>5,0</td><td>21,0</td><td>70,0</td><td>2,4</td><td>6,5</td></tr><tr><td>270</td><td>40,0</td><td>16,0</td><td>19,0</td><td>25,0</td><td>1,3</td><td>—</td></tr></table>	Skład mechaniczny w %						pH	10	8,5	8,0	17,0	66,5	5,0	4,6	50	4,0	14,0	35,0	47,0	1,0	4,8	120	4,5	3,0	4,0	88,5	0,5	5,5	190	4,0	5,0	21,0	70,0	2,4	6,5	270	40,0	16,0	19,0	25,0	1,3	—			
Skład mechaniczny w %						pH																																									
10	8,5	8,0	17,0	66,5	5,0	4,6																																									
50	4,0	14,0	35,0	47,0	1,0	4,8																																									
120	4,5	3,0	4,0	88,5	0,5	5,5																																									
190	4,0	5,0	21,0	70,0	2,4	6,5																																									
270	40,0	16,0	19,0	25,0	1,3	—																																									

Tabela VI (c. d.)

Część drzewostanu	Nr dołu charakteryzującego część drzewostanu	Opis gleby, jej skład mechaniczny oraz odczyn (pH)																																																	
	3	A₀ — 2 cm A₁ — miąższości 25 cm, czarnobrunatny; piasek lekko gliniasty, różnoziarnisty; stopniowo przechodzi w poziom następny. A₂ — miąższości 45 cm, żółty; piasek luźny, różnoziarnisty. B — miąższości 80 cm, jasnobrunatny; glina lekka z wstawkami piaszczystymi i wyraźnymi żelazistymi plamami. Wzdłuż korzeni oglejenie. Od 150 cm rdzawy piasek słabo gliniasty; niżej piasek luźny z domieszką żwiru. Na głębokości 70 cm i niżej od wschodniej strony występuje warstwa łu pylastego, a od zachodniej na tej samej głębokości miejscami piasek luźny, różnoziarnisty, żelazisty z dużą domieszką żwiru i kamieni. <table><tr><th></th><th colspan="5">Skład mechaniczny w %</th><th>pH</th></tr><tr><td>10</td><td>16,0</td><td>10,0</td><td>11,0</td><td>63,0</td><td>1,0</td><td>4,3</td></tr><tr><td>50</td><td>4,0</td><td>3,0</td><td>7,0</td><td>86,0</td><td>0,8</td><td>4,8</td></tr><tr><td>125</td><td>34,0</td><td>12,0</td><td>10,0</td><td>47,5</td><td>1,8</td><td>5,1</td></tr><tr><td>190</td><td>6,0</td><td>4,0</td><td>4,0</td><td>86,0</td><td>44,1</td><td>5,0</td></tr><tr><td>270</td><td>3,0</td><td>—</td><td>6,0</td><td>91,0</td><td>16,8</td><td>5,0</td></tr></table>		Skład mechaniczny w %					pH	10	16,0	10,0	11,0	63,0	1,0	4,3	50	4,0	3,0	7,0	86,0	0,8	4,8	125	34,0	12,0	10,0	47,5	1,8	5,1	190	6,0	4,0	4,0	86,0	44,1	5,0	270	3,0	—	6,0	91,0	16,8	5,0							
	Skład mechaniczny w %					pH																																													
10	16,0	10,0	11,0	63,0	1,0	4,3																																													
50	4,0	3,0	7,0	86,0	0,8	4,8																																													
125	34,0	12,0	10,0	47,5	1,8	5,1																																													
190	6,0	4,0	4,0	86,0	44,1	5,0																																													
270	3,0	—	6,0	91,0	16,8	5,0																																													
Pd	4	A₀ — 2 cm A₁ — miąższości 20 cm, szarobrunatny; piasek słabo gliniasty, różnoziarnisty z małą domieszką żwiru. Stopniowo przechodzi w słabo zaznaczony poziom następny. A₂ — miąższości 15 cm, jasnobrunatny; piasek słabo gliniasty, żwirowaty. B — miąższości 35—60 cm, rdzawy; piasek słabo gliniasty, żwirowaty, żelazisty, w stanie wilgotnym lepki, w stanie suchym silnie spoisty i twardy. Od 70—95 cm żółtawy piasek luźny. Na głębokości 110 cm warstwa żwiru. Od 180 cm białawy piasek luźny, gruboróżnoziarnisty, wilgotny. W całym profilu domieszka kamieni. W kierunku zachodnim domieszka żwiru i żelaza znacznie się zmniejsza. <table><tr><th></th><th colspan="5">Skład mechaniczny w %</th><th>pH</th></tr><tr><td>10</td><td>9,0</td><td>5,0</td><td>7,0</td><td>79,0</td><td>7,9</td><td>5,5</td></tr><tr><td>50</td><td>7,5</td><td>2,0</td><td>5,0</td><td>85,5</td><td>17,6-38,4</td><td>5,8—6,8</td></tr><tr><td>100</td><td>3,0</td><td>2,5</td><td>14,0</td><td>80,5</td><td>0,9</td><td>4,0—6,8</td></tr><tr><td>150</td><td>7,0</td><td>1,0</td><td>3,0</td><td>89,0</td><td>18,5</td><td>7,0</td></tr><tr><td>190</td><td>3,0</td><td>2,0</td><td>5,0</td><td>90,0</td><td>39,8</td><td>6,0</td></tr><tr><td>270</td><td>2,5</td><td>7,0</td><td>18,0</td><td>72,5</td><td>10,4</td><td>6,5</td></tr></table>		Skład mechaniczny w %					pH	10	9,0	5,0	7,0	79,0	7,9	5,5	50	7,5	2,0	5,0	85,5	17,6-38,4	5,8—6,8	100	3,0	2,5	14,0	80,5	0,9	4,0—6,8	150	7,0	1,0	3,0	89,0	18,5	7,0	190	3,0	2,0	5,0	90,0	39,8	6,0	270	2,5	7,0	18,0	72,5	10,4	6,5
	Skład mechaniczny w %					pH																																													
10	9,0	5,0	7,0	79,0	7,9	5,5																																													
50	7,5	2,0	5,0	85,5	17,6-38,4	5,8—6,8																																													
100	3,0	2,5	14,0	80,5	0,9	4,0—6,8																																													
150	7,0	1,0	3,0	89,0	18,5	7,0																																													
190	3,0	2,0	5,0	90,0	39,8	6,0																																													
270	2,5	7,0	18,0	72,5	10,4	6,5																																													

W celu zbadania własności gleby wykopano w badanym drzewostanie cztery doły glebowe oraz wykonano 42 wiercenia. Po opisanu profilu glebowego z każdego dołu oraz z niektórych charakterystycznych wierceń pobrano dla oznaczenia składu mechanicznego i odczynu po pięć prób z głębokości 10, 50, 120, 190 i 270 cm. Skład mechaniczny oznaczono areometryczną metodą Prószyńskiego, a pH gleby pomierzono częściowo metodą Terlikowskiego, częściowo zaś metodą Gillespiego.

W celu obliczenia przestworów wolnych, a równocześnie i wilgotności gleby, pobierano małym pierścieniem Kopecky'ego w każdym dole do hermetycznie zamykanych naczynek z miedzianej blachy po trzy próby z każdej warstwy na głębokości 10, 50, 120 i 190 cm.

Do stwierdzenia oporu, jaki w badanym drzewostanie stawiała gleba rozwijającym się w niej korzeniom wglębnym, użyto metody Kaczyńskiego, która za miarę oporu przyjmuje głębokość pogrążania się w glebie pięciu cylindrycznych prętów przy obciążeniu 10 kg, trwającym 30 sekund. Ogółem, wykonano powyższą metodą 198 prób, i to w ten sposób, że na każdą z głębokości 10, 50, 120 i 190 cm przypadło po 6—9 prób wykonanych w poszczególnym dole glebowym oraz po 3 — 7 prób w czterech punktach kontrolnych wybranych po jednym dla każdego dołu w pewnej od niego odległości i w takim miejscu, gdzie profil glebowy wykazywał podobny skład mechaniczny, jak w dole.

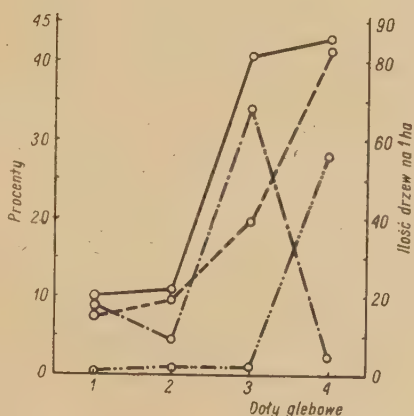
Gleby występujące w oddziale 30 należy zaliczyć do typu bielicowego o średnim stopniu zbielicowania i słabo wykształconych poziomach. Odwapnienie i woda gruntowa — poniżej 350 cm.

Szczegółowy opis gleby oraz wyniki analizy mechanicznej podano w tabeli VI. Widać z niej, że w badanym drzewostanie w oddziale 30 gleba do głębokości przeważnie 120 cm była dość różnorodna, tak pod względem składu chemicznego, jak i złożenia. Mimo tego jednak w każdej części drzewostanu można wyróżnić pewien przeważający jej rodzaj. I tak w najzdrowszych częściach drzewostanu — w północnej oraz środkowej — w pasie poprzecznym, który charakteryzuje dół nr 2, przeważał luźny piasek niałowy względnie naglinowy o miąższości 150—350 cm, miejscami zaś 120 cm. Środkową część drzewostanu w poprzecznym pasie charakteryzowanym przez dół nr 3 cechowała przeważnie górna warstwa piasku o miąższości około 70—80 cm, spoczywająca na warstwie lekkiej lub średniej gliny o miąższości również około 70—80 cm. Dla południowej części drzewostanu typową była warstwa żelazistego kamienisto-żwirowatego piasku, sięgająca z niewielkimi przerwami do głębokości około 180 cm, zwłaszcza w miejscu najwyższego wzniesienia terenu, gdzie równocześnie występowało najliczniejsze skupienie drzew z odziomkami zawierającymi zgniliznę w pośrednim (II) i końcowym (III) stadium rozwojowym (ryc. 2).

W celu szczegółowego rozpatrzenia zależności między właściwościami gleb w badanym drzewostanie a występowaniem w nim oddolnych zgnilizn odziomkowych sporządzono na samym wstępie wykres podany na ryc. 11. Przebieg na nim poszczególnych krzywych wskazuje, że najwięcej zgnilizn odziomkowych wystąpiło w tych częściach drzewostanu, w których system korzeni wgłębnych większości drzew już na niewielkiej głębokości musiał rozwijać się w glebie zawierającej dużo części spławialnych, a przede wszystkim — szkieletowych. Zwłaszcza gleby zawierające dużo części szkieletowych miały szczególnie silny wpływ na wystąpienie zgnilizn odziomkowych.

Ryc. 11. Drzewostan w oddz. 30 leśn. Dobrygość: procent części szkieletowych i spławialnych od głęb. 35—70 cm a procent oddolnych zgnilizn odziomkowych, w przeliczeniu na 1 ha w poszczególnych częściach drzewostanu:

- · — · — % cz. szkieletowych w glebie od głęb. 35 cm.
- · — · — % cz. spławialnych w glebie od głęb. 70 cm
- — — ilość drzew z początkowym (I) stadium zgnilizny w odziomku (w przeliczeniu na 1 ha)
- — — ilość drzew z pośrednim (II) i końcowym (III) stadium zgnilizny w odziomku (w przeliczeniu na 1 ha)



Udział części szkieletowych czy spławialnych w składzie mechanicznym gleby w południowej czy środkowej części drzewostanu, w pasie charakteryzowanym przez dół nr 3, miał nie tyle bezpośrednie, ile pośrednie znaczenie w procesie chorobotwórczym, prowadzącym w końcowym efekcie do wystąpienia zgnilizny *P. circinatus* w odziomkach rosnących tam sosen. Stosunkowo bowiem wielkie ilości obu powyższych frakcji glebowych nadały glebom, zalegającym tam na dużej powierzchni terenu w sferze rozwoju korzeni wgłębnych, specyficzne właściwości, które następnie wytworzyły całokształt warunków koniecznych do mniej lub więcej epifitozyjnego wystąpienia zgnilizn odziomkowych w obu tych częściach drzewostanu. Właśnie to dość wysokie i niezbyt różne pod względem ilościowym wystąpienie zgnilizn odziomkowych u sosen rosnących na tych dwu zupełnie różnych glebach — gliniastej i piaszczystej z dużą domieszką kamieni i żwiru — jest w tym wypadku bardzo charakterystyczne. Równie charakterystyczna dla obu tych gleb była wspólna cecha określona w poprzednim rozdziale jako jeden z głównych czynników ułatwiających powstanie zgnilizny w odziomku, a mianowicie: stwarzanie warunków do rozwoju płytkiego i słabo wykształconego korzenia palowego. Olbrzymia bowiem większość drzew, które w poszczególnych

częściach drzewostanu posiadały system korzeniowy klasy 2 i 3 (tab. III), natrafiła przy rozwijaniu swych korzeni wgłębnych albo na lokalne wstawki (w północnej części), albo na zwarte warstwy gleby gliniastej (w środkowej części charakteryzowanej przez dół nr 3) czy żelazistego kamienisto-żwirowatego piasku (w południowej części drzewostanu).

W związku z tym musiały istnieć dwie możliwości: albo a) obie powyższe gleby powinny były posiadać przynajmniej jedną z własności kształtującą się w nich, która równocześnie w obu tych glebach miała zasadnicze znaczenie dla pierwotnej infekcji wywoływanej zwłaszcza na korzeniu palowym, albo b) w obu powyższych glebach ten sam proces chorobowy, a przynajmniej jeden z zasadniczych jego etapów, jakim było tworzenie się płytkiego i słabo rozwiniętego korzenia palowego, był wynikiem działania dwóch zupełnie różnych kompleksów czynników. Tak w wypadku a) jak w wypadku b) wchodzące w grę właściwości gleby musiały kształtować się w obu powyższych glebach odmiennie niż na głębokiej glebie piaszczystej w północnej i środkowej części drzewostanu, charakteryzowanej przez dół nr 2, gdzie większość rosnących tam sosen miała głęboki, silnie rozwinięty korzeń palowy i zdrowy odziomek.

W celu orientowania się w prawdopodobieństwie istnienia w badanym drzewostanie obu tych możliwości (a i b) rozpatrzmy tabelę VII, gdzie podano wyniki pomiarów pH gleby oraz tabelę VIII, w której zestawiono wyniki pomiarów wilgotności, ilości przestworów wolnych i oporu gleby.

Jak widać z tabeli VII układ pH gleby w badanym drzewostanie nie był tak bardzo charakterystyczny, by można go było uznać za czynnik decydujący o specyficznym stopniu porażenia korzeni wgłębnych, a następnie i odziomków, zaobserwowanym w poszczególnych trzech częściach drzewostanu. Należy jednak zwrócić uwagę na fakt stwierdzenia obojętnej reakcji gleby w trzech wypadkach na pięć pomiarów (wartości podkreślone w tabeli VII) wykonanych w południowej części drzewostanu na głębokości około 50—100 cm na powierzchni jednego ara w miejscu najliczniejszego wystąpienia zgnilizn *Polyporus circinatus* w pośrednim i końcowym stadium rozwojowym.

Podobnie wilgotność oraz ilość przestworów wolnych w poszczególnych czterech badanych profilach glebowych nie układały się według tabeli VIII w taki sposób, by można tym dwom właściwościom gleby przypisać zasadniczy i główny wpływ na różny stopień porażenia korzeni wgłębnych, a następnie odziomków w poszczególnych częściach drzewostanu. Obie powyższe własności gleby miały bowiem w obu najsilniej porażonych częściach drzewostanu wartości bardzo odmienne.

Jedynie wykonana metodą Kaczyńskiego próba pomiaru oporu gleby i jej wyniki podane w tabeli VIII, zwłaszcza w rubryce 11, kształtowały się w ten sposób, że mogą nasuwać przypuszczenie, iż właśnie różnice

Tabela VII

Zestawienie wartości pH gleby na głębokości do 100 cm w drzewostanie sosnowym w oddziale 30 leśnictwa Dobrygość według pomiarów w listopadzie 1951 i w kwietniu 1952 roku

Punkty pomiaru	Wartość pH gleby w części drzewostanu								
	północnej			środkowej			południowej		
	n a g ł ę b o k o ś c i w c m								
	10	50	100	10	50	100	10	50	100
1	4,4	4,6	5,7	4,2	4,2	5,4	5,1	4,5	5,3
2	4,3	4,3	5,6	4,3	4,8	5,1	4,9	4,8	5,8
3	4,7	4,5	5,6	4,4	4,2	5,2	4,6	5,3	6,9
4	4,7	4,7	5,1	4,5	5,2	5,6	4,9	4,9	5,6
5	4,2	4,3	4,6	4,5	5,0	7,2	4,6	6,8	5,7
6	4,6	4,4	5,7	4,0	4,9	5,5	4,7	5,5	5,9
7	4,4	4,6	5,7	4,6	4,8	5,5	5,2	4,5	5,3
8	3,5	4,5	4,7	4,9	4,5	6,5	4,4	4,5	5,7
9	—	5,4	5,9	4,6	—	4,6	4,9	5,4	7,0
10	4,6	—	6,3	4,5	—	5,8	4,7	5,2	5,7
11	4,6	—	6,1	4,5	—	7,0	4,5	5,2	5,2
12	4,4	—	5,0	4,7	—	6,1	5,3	—	5,8
13	5,4	—	5,7	—	4,1	5,5	4,6	—	6,1
14	—	—	—	—	5,5	5,7	—	—	5,8
15	—	—	—	—	—	5,5	—	—	—
Przecięt.	4,5	4,6	5,5	4,5	4,7	5,7	4,8	5,3	5,8

w wartościach tego czynnika w poszczególnych częściach drzewostanu mogły mieć wpływ przynajmniej w niektórych wypadkach na różne kształtowanie się tam systemu korzeni wgłębnych, co w razie silnego zahamowania wzrostu tych korzeni w głąb gleby mogło być jedną z głównych przyczyn, które stwarzały odpowiednie warunki w celu wywołania stanu odpowiedniej predyspozycji, a następnie opanowania ich przez grzyby wywołujące zgnilizny odziomkowe.

Cyfry podane w rubryce 11 tabeli VIII dowodzą, że zarówno warstwa gliny zalegająca w dole nr 3 od głębokości około 70 cm, jak i warstwa żelazistego kamienisto-żwirowatego piasku, zalegająca już od głębokości około 35 cm w dole nr 4, stawiały pogrążającym się w nich prętom metalowym przyrządu Kaczyńskiego prawie identycznie silny opór, zupełnie jednak różny od oporu warstw sąsiednich i oporu stwierdzonego w sferze rozwoju korzeni wgłębnych w profilach glebowych dołów nr 1 i 2.

Z cyfr podanych dla punktów kontrolnych w rubryce 13 tej samej tabeli wynika jednak, że nie wszędzie tak było. W całym bowiem profilu glebowym dołu kontrolnego w południowej części drzewostanu, mimo obecności w glebie dużej ilości żwiru i kamieni zwłaszcza na głębokość

T a b e l a V I I I
Zestawienie wyników badań nad niektórymi własnościami gleby w trzech częściach drzewostanu
w oddziale 30 lésnictwa Dobrygósc

Czesc drzewostanu	nr dołu	Głębokość w cm	Wilgotność gleby w $\frac{0}{100}$ w dniu				Ilość przestworów wolnych w $\frac{0}{100}$				Opór gleby, wyrażony głębokością pograżenia się prętów metalowych przyrządu Kaczynskiego w glebie w dniu 20.VIII.52			
			15.IV.52	15.VII.52	20.VIII.52	Ogółem	zajętych przez powietrze			w mm	przy wilgotności w $\frac{0}{100}$	w mm	przy wilgotności w $\frac{0}{100}$	w punkcie kontrolnym
							15.IV.52	15.VII.52	20.VIII.52					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Pn	1	10	7,98	6,92	7,22	52,11	44,13	45,19	44,89	11,8	5,50	9,7	8,93	
		50	5,98	5,08	4,08	43,04	37,06	37,96	38,96	17,9	5,99	2,5	2,17	
		120	9,86	6,48	4,50	36,60	26,74	30,12	32,10	16,3	4,68	4,2	4,32	
		190	13,10	15,08	9,59	26,85	13,75	11,77	17,26	1,1	9,67	0,5	9,51	
Śr	2	10	8,85	6,61	4,68	47,60	38,75	40,99	42,92	7,5	6,90	6,2	2,47	
		50	14,14	11,51	5,44	48,97	34,83	37,46	43,53	27,5	7,33	21,6	3,54	
		120	5,70	6,84	6,02	43,09	37,39	36,25	37,07	28,9	7,36	5,4	4,68	
		190	8,53	8,52	9,78	39,42	30,89	30,90	29,64	26,4	6,04	39,2	13,53	
	3	10	15,23	9,52	7,17	55,91	40,68	46,39	48,71	10,2	7,20	4,8	7,15	
		50	9,50	7,37	1,68	50,41	40,91	43,04	48,75	10,0	1,66	7,2	1,70	
		120	10,62	10,11	10,50	31,99	21,37	21,88	21,43	0,7	10,56	0,5	10,46	
		190	9,62	9,76	9,52	31,64	22,02	21,88	22,14	18,7	9,50	24,3	9,54	
Pd	4	10	7,20	4,09	4,89	54,77	47,57	50,68	49,90	10,6	4,87	33,3	4,92	
		50	7,09	4,18	2,67	46,96	39,87	42,78	44,32	2,7	2,64	27,3	2,70	
		120	7,33	4,74	1,43	44,09	36,76	39,35	42,68	25,6	1,41	65,0	1,45	
		190	2,60	4,74	2,38	44,86	42,26	40,12	42,39	18,6	2,47	24,3	2,30	

30 — 100 cm, pomiar przyrządem Kaczyńskiego dał wyniki zasadniczo różne od wyników otrzymanych w dole nr 4.

Jakie niebezpieczeństwo kryje w sobie wzrost korzeni wgłębnych w spoistych warstwach gleby, można było się o tym przekonać w sposób nie podlegający dyskusji u sosny nr 104 (ryc. 3). Część bowiem końców korzenia palowego (a) tego drzewa oraz jeden z grubych bocznych korzeni wgłębnych (5), wyrastający z szyi korzeniowej tuż obok korzenia palowego, natrafiły na głębokości około 1 m na wstawkę gliny, w której pręty metalowe przyrządu Kaczyńskiego pograżały się przeciętnie do głębokości 2,5 mm. Jak wskazuje ryc. 3 wzrost tych korzeni w głąb i na grubość uległ w tym miejscu silnemu zahamowaniu, natomiast rozgałęziły się one silnie, tworząc liczne cienkie odnogi boczne, i wreszcie obumarły na skutek infekcji ze strony *Fomes annosus*. W tym samym czasie partia końców korzenia palowego (b), która we wzroście w głąb natrafiła na warstwę luźnego piasku, rozwinęła się w bardzo silny i zdrowy korzeń przebiegający początkowo ukośnie, a później pionowo w głąb gleby do głębokości poniżej 3 m. Pręty metalowe przyrządu Kaczyńskiego pograżały się w tym piasku do głębokości od 9 do 39 mm.

Na podstawie podanego faktu oraz na podstawie tego, co powiedziano wyżej o układzie wartości pH, wilgotności i ilości przestworów wolnych w badanym drzewostanie — rozwój płytkiego korzenia palowego wskutek bardzo silnego oporu warstwy gliniastej w środkowej części drzewostanu w poprzecznym pasie — charakteryzowanym przez dół nr 3 — można uznać za jeden z czynników stwarzających odpowiednie warunki dla rozwoju infekcji, głównie dzięki *Polyporus circinatus*.

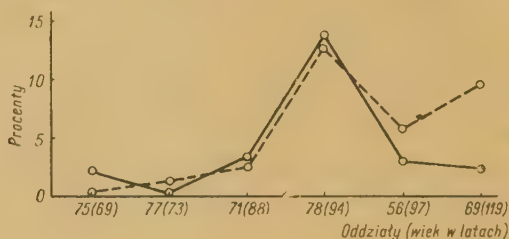
Trudniej natomiast powiedzieć to o żelazistym piasku z dużą domieszką kamieni i żwiru w południowej części drzewostanu. Bardzo możliwe jest, że w wypadku tym wchodzi w grę szereg czynników glebowych stwarzających specyficzne warunki, które hamują rozwój korzeni wgłębnych w głąb, mimo że opór tej gleby, zmierzony przyrządem Kaczyńskiego, często nie odbiegał od oporu gleby piaszczystej, występującej w najzdrowszych częściach badanego drzewostanu.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Jak wynika z niniejszych dociekań głównym sprawcą zgnilizn odziomkowych w drzewostanie badanym w leśnictwie Dobrygość, podobnie jak w drzewostanach dość odległego od niego leśnictwa Jezioro (WPN w Ludwikowie), okazał się *Polyporus circinatus*, przy czym na obu powyższych terenach pierwotna infekcja następowała identycznie przede wszystkim na końcach korzenia palowego, a następnie na bocznych korzeniach wgłębnych.

Poza tym, podobnie jak w leśnictwie Dobrygość, największy wpływ na rozwój zgnilizn odziomkowych w drzewostanach sosnowych w leśni-

ctwie Jezioro miały również gleby: gliniasta oraz piaszczysta z dużą domieszką części szkieletowych (ryc. 12). Drzewostany w oddziałach 58, 69, 71 i 75 rosły bowiem na płytkich piaskach naglinowych. Wykazały one też stosunkowo wysokie i wzrastające wraz z wiekiem opanowanie przez



Ryc. 12. Drzewostany sosnowe w oddziałach 56, 69, 71, 77 i 78 leśn. Jezioro: procent części szkieletowych w profilu glebowym a procent drzew z oddolnymi zgniliznami odziomkowymi:

- przeciętny procent cz. szkieletowych w profilu glebowym
- procent drzew z oddolną zgnilizną odziomkową w końcowym (III) stadium rozwojowym

zgnilizny odziomkowe, głównie przez *P. circinatus*. Drzewostan w oddziale 78 rósł przeważnie na kamienisto-żwirowatym piasku. Mimo że nie był najstarszy, miał nieproporcjonalnie wysoki odsetek drzew ze zgnilizną w odziomku. Drzewostan w oddziale 77 natomiast rósł na głębokim piasku naglinowym i równocześnie miał wyjątkowo niski procent drzew zawierających zgniliznę *P. circinatus* w odziomku.

Opisany stan rzeczy był rezultatem analogicznego jak w leśnictwie Dobrygość oddziaływania powyższych gleb na morfologię i stan zdrowotny systemu korzeniowego. Na głębokich, świeżych, luźnych piaskach naglinowych w oddziale 77 leśnictwa Jezioro korzeń palowy był silnie rozwinięty. Na płytkich piaskach naglinowych natomiast korzenie wgłębne z chwilą dotarcia do warstwy gliniastej rozgałęziały się w niej silnie i zazwyczaj kończyły tam swój wzrost. Wskutek tego były one tym krótsze im płycej występowała spoista warstwa gliny.

Powyższy wpływ gleby należy tłumaczyć według Vatera (1927) i Waghena (1938) tym, że system korzeniowy sosny jest bardzo czuły na opór gleby i posiada na ogół bardzo małą zdolność przewyższania oporu silnie złożonych i spoistych warstw gliniastych czy też kamienisto-żwirowatych. Zwłaszcza na glebach kamienisto-żwirowatych korzeń palowy szybko ginie, a system korzeni wgłębnych składa się z mniej lub więcej licznych nieregularnych bocznych korzeni wgłębnych, dochodzących najwyżej do głębokości 1 m.

Wraz z ukształtowaniem zmieniała się także — analogicznie jak w leśnictwie Dobrygość — zdrowotność systemu wgłębnych korzeni sosn

w Jeziorach. Zalegająca na niewielkiej głębokości gliniasta czy kamienisto-żwirowata warstwa iluwialna predestynowała rozwijające się w niej korzenie wgłębne na wczesną (około 50 roku życia) infekcję ze strony *Polyporus circinatus*, podczas gdy na głębokich piaskach luźnych, umożliwiających stały i nieustanny wzrost korzeni wgłębnych w głąb gleby, infekcja występowała rzadziej i w późniejszym wieku drzewa. Nie jest wykluczone, że korzenie wgłębne sosen rosnących w leśnictwach Dobrygość i Jeziora, zatrzymane w swym wzroście w głąb najczęściej w gliniastej czy kamienisto-żwirowatej warstwie iluwialnej zalegającej na niewielkiej głębokości, pod wpływem akumulujących się tam zasad wymywanych z górnych warstw gleby, może o wiele szybciej osiągać swój wiek dojrzały i szybciej także starzeją się oraz traci naturalną odporność, niż dzieje się to w luźnych glebach piaszczystych, które nie stwarzają dla nich podobnych warunków rozwojowych.

Z drugiej zaś strony często zbliżony do neutralnego lub nawet zasadowego odczyn takiej gleby może wywierać nieodpowiedni wpływ na zdrowotność korzeni, bądź przez zmniejszenie ich odporności, wywołanej może słabszym pobieraniem wapnia, fosforu czy potasu (S ü c h t i n g, J e s s e n, M a u r m a n n, 1937), bądź mniejszą ilością wytwarzanej w tych warunkach żywicy i słabszą działalnością meristematyczną (R i s h b e t h, 1951), bądź też przez korzystniejsze oddziaływanie na rozwój grzybów pasożytniczych. To ostatnie uwarunkowane być może — jak przypuszcza G a r r e t (1937) przy *Ophiobolus graminis* — pochłanianiem przez gleby zasadowe dwutlenku węgla, na skutek czego rozwój grzybów pasożytniczych wzdłuż korzeni nie ulega zahamowaniu. Poza tym większy wpływ gleb zasadowych na rozwój grzybów pasożytniczych tłumaczy się też mniejszą konkurencją ze strony innych grzybów, a zwłaszcza — jak przy *Fomes annosus* — grzyba *Trichoderma viride*, który jest antagonistą w stosunku do *F. annosus*.

To, że na żelazistym piasku kamienisto-żwirowatym opanowanie drzew przez *Polyporus circinatus* pod względem ilościowym i jakościowym było zwłaszcza w leśnictwie Dobrygość większe niż w glebie gliniastej, należy najprawdopodobniej przypisać następującym powodom: pH tej gleby w sferze rozwoju korzeni wgłębnych częściej osiągało wartości obojętne niż wartości gleby gliniastej, dlatego też omówione wyżej oddziaływanie tego czynnika na rozwój patogenicznej działalności grzyba mogło być tutaj stosunkowo silniejsze. Następnie gleba piaszczysta z dużą domieszką części szkieletowych w południowej części drzewostanu miała w ciągu całego okresu wegetacyjnego mniejszą wilgotność niż gleba gliniasta w środkowej części drzewostanu. A w analogicznych warunkach w Anglii drzewostany tsugi (*Tsuga* sp.) rosnące na niżej położonych terenach są również mniej porażane przez wywołujące zgnilizny odziomkowe *F. anno-*

sus i *A. mellea* niż drzewostany rosnące na wysokich położeniach (Report..., 1951). Podobnie zresztą *Rishbeth* (1951) skonstatował, że korzenie badanych przez niego młodych sosen były bardziej odporne na infekcję ze strony *F. annosus* w warunkach obfitej niż słabej wilgotności. Mniejsza wilgotność gleby jest ściśle związana z większą zawartością powietrza w glebie, co dla grzybów pasożytniczych wywołujących zgnilizny drewna — jako organizmów aerobowych — nie może być bez znaczenia.

STRESZCZENIE I WNIOSKI

Terenem badań był około 90-letni drzewostan sosnowy, rosnący w leśnictwie Dobrygość w typie lasoboru, liczący ogółem 670 drzew i wycięty w jesieni 1951 roku. Główny materiał do badań stanowiły krążki grubości około 10 cm, wycięte ze świeżych chorych pniaków pozostałych po ścięciu drzew. Po wykarczowaniu tych pniaków określono stopień rozwoju systemu korzeniowego u większości drzew, używając do tego celu trzystopniowej skali. Sprawców zgnilizn odziomkowych określano metodą pożywkową na agarze maltozowym. Z własności gleb zbadano skład mechaniczny, pH, wilgotność, ilość przestworów wolnych. Wykonano również próby pomiaru oporu, jaki stawiała gleba rozwijającym się w niej korzeniom wgłębnym.

Wnioski z badań można ująć następująco:

1. Na ogółem 158 drzew z chorymi odziomkami 90 posiadało zgniliznę w początkowym (I), 44 — w pośrednim (II), a 24 — w końcowym (III) stadium rozwoju.

2. Na podstawie barwy podzielono zgnilizny na trzy grupy: a) brunatne, b) brunatne z sinymi lub czarnymi wyspami zgniłego drewna oraz c) czarne zgnilizny.

3. Spośród odziomków z brunatną zgnilizną wyosobniono: *Polyporus circinatus* Fr. — z 110 drzew, *P. circinatus* + *Torula* sp. I — z 1, *Polyporus Schweinitzii* Fr. + *Haplographium* sp. — z 1, *Sparassis crispa* — z 2, *Fomes pini* Karst. — z 7, *Corticium* sp. (?) — z 1; nie zidentyfikowano sprawcy zgnilizny w początkowym stadium rozwojowym u dwóch drzew.

4. Zgnilizny brunatne z sinymi lub czarnymi wyspami w zgniłym drewnie w odziomkach 8 drzew zostały spowodowane pierwotnie przez *P. circinatus* (7 drzew) i *Sp. crispa* (1 drzewo), a następnie wtórnie zanieczyszczone przez pewne powtarzające się zespoły grzybów glebowych z rodziny *Dematiaceae* i *Mucedinaceae*.

5. Czarne zgnilizny, jakie stwierdzono u 26 drzew stanowiły przeważnie zgniliznę *P. circinatus*, całkowicie wtórnie opanowaną przez identyczne jak wyżej zespoły grzybów glebowych.

6. U większości drzew ze zgnilizną odziomkową *P. circinatus* pierwotna infekcja następowała przede wszystkim w systemie korzeni wgłębnych, a zwłaszcza na końcach korzenia palowego.

7. Możliwość wywołania infekcji na końcach korzenia palowego przez *P. circinatus* wzrastała w glebach sprzyjających rozwojowi krótkiego i słabego korzenia palowego (w żelazistym piasku kamienistożwirowatym i w glebie gliniastej), a natomiast była znikoma w głębokim, świeżym piasku, gdzie drzewa miały warunki do wytworzenia silnego i głębokiego korzenia palowego.

8. Większość wyników badań i obserwacji wskazuje na to, że jednym z najważniejszych czynników wywołujących predyspozycję korzeni wgłębnych na infekcję ze strony *P. circinatus* było prawdopodobnie zahamowanie ich wzrostu na stosunkowo niewielkiej głębokości spowodowane przez silny opór zwłaszcza warstwy gliniastej.

Stacja Ochrony Lasu i Fitopatologii
oraz Stacja Gleboznawcza
Poznańskie WSR w Siemianicach

(Wpłynęło dn. 10.VIII.1954 r.)

SUMMARY

The investigations presented in this paper were conducted in Forestry Dobrygość (District of Poznań, West-Poland) on one 90-years old Scotch pine stand growing on the surface of 1.66 ha, which was wholly cleared up. Besides several research methods, to pathological study served the disks taken from the fallen butts, and from its affected roots, which were with each tree carefully digged out. Each rootstock of healthy, as well as of diseased pine, was evaluated and classified after its development to one of 3 degrees of the s. c. development scale.

The environment conditions, especially soil characters were thoroughly studied, namely: external descriptions, mechanical analysis pH-values, relative moisture contents, amounts of interparticle spaces and soil-profiles composition.

Totally 670 trees were examined, 158 of whom, that is 23.5 per cent, have shown the butt rot mainly of the heartwood. The rots were in different stages of decomposition. Three types of rots were distinguished: a) the redbrown resp. the yellow-brown rots, b) the red-brown resp. the yellow-brown rots with blue stained spots and c) the black rots.

From the first (a) one were isolated: the false velvet top fungus (*Polyporus circinatus* Fr.) — from 110 trees, both the false velvet top fungus and *Torula* sp. I — from 1, sparassis (*Sparassis crispa* Wulf) — from 2, both the velvet top fungus (*Polyporus Schweinitzii* Fr. and *Haplographium* sp. — from 1, the ring scale fungus (*Trametes pini* (Thore Fr.) — from 7, *Corticium* sp. (?) — from 1, unidentified fungi — from 2 trees.

The causal agencies of the second type of rots (b) were the false velvet top fungus (7 trees) and sparassis (1 tree) and several species of *De-*

matiaceae and *Mucedinaceae*, which infected the heartwood previously decayed by the both fungi above and produced in it the blue or black stains.

The black rots (c) (28 trees) showed similarity mostly to the structure of decay, caused by the false velvet top fungus (13 trees) or to decay with cracking appearance (2 trees). The specific species of *Dematiaceae* and *Mucedinaceae* were isolated only from them.

The investigations of roots systems confirmed, that infection by the false velvet top fungus begins on the deep roots and mainly on the taproot. It was also stated, that the occurrence of primary infection, caused by the false velvet top fungus on the taproot was greater, the weaker and the shorter was developed the taproot and also the smaller was the soil moisture and the greater the soil aeration.

According to the statements made above the greater part of trees with butt rots appeared in southern higher-situated part of examined Scotch pine stand where was found in great area in the soil ca 60 thick layer of ferrigenous sand with admixture of gravel and stones; this layer was present at the 35 to 180 cm depth. The taproot, developed in this layer, was thin, shallow and mostly dead.

Relatively less trees with butt rots appeared in the central, something lowered part of stand, on a clay, where many trees developed the cordated or beet-like taproot.

The least trees with butt rots were found in the northern part of stand, where the soil exhibited 150—350 cm thick layer of fresh sand, lying on a loam, what favoured the development of vigorous and deep taproots with the greater part of the trees.

Applying the obtained results to practice in order to increase generally the resistance of Scotch pine to butt rot (caused by the false velvet top fungus) and other disorders, it seems it may be advised not to plant the Scotch pine on a clay or on a sand-soil with too great amount of gravel and stones.

L I T E R A T U R A

- Albert R., Penschuk H., 1926. Über den Einfluss verschiedener Holzarten auf den Lockerheitsgrad des Bodens, „Ztsch. f. Forst-und Jagdwesen“ 58: 181—187.
- Büsgen M., 1927. Waldbäume. Dritte Auflage bearbeitet von E. Münch, Jena, str. 425.
- Domański S., 1952. Zgnilizny odziomkowe sosny zwyczajnej i próba oceny ich warunków rozwojowych, „Sylwan“ XCVI, 1: 5—30.
- Domański S., 1953. Badania nad przyczynami powstawania posuszu w starszych drzewostanach sosnowych w Wielkopolskim Parku Narodowym w Ludwikowie. Inst. Bad. Leśn. nr 93, Warszawa, str. 83.
- Garrett S. D., 1936. Soil conditions and the take-all disease of wheat, „Am. Appl. Biol.“ 23: 667—699.
- Garrett S. D., 1937. Soil conditions and the take-all disease of wheat. II. The relation between soil reaction and soil aeration, „Am. Appl. Biol.“ 24: 747—751.
- Garrett S. D., 1944. Root disease Fungi, Waltham, str. 177.
- Gilman J. C., 1945. A manual of soil fungi. Ames, Iowa, str. 240.

- Hilf H. H., 1927. Studien über die Wurzel ausbreitung von Fichte, Buche und Kiefer, in geschlossenen älteren Beständen, insbesondere auf Sandböden. Hannover.
- Liese J., 1926. Beiträge zur Kenntnis des Wurzelsystems der Kiefer (*Pinus silvestris*), „Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen“, 58: 129—181.
- Liese J., 1930. Beobachtungen über Stamm- und Stockfäulen unserer Waldbäume, „Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen“, 62: 579—591.
- Loew O., 1903. The physiological role of mineral nutrients in plants, „U. S. Dept. Agr. Bur. Plant Industr. Bull.“ 45.
- Musierowicz A., 1951. Gleboznawstwo ogólne, Warszawa.
- Němec A., Kvapil K., 1926. Studien über einige chemische Eigenschaften der Profile von Waldböden, „Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen“, 58: 461—523.
- Report on forest research for the year ending March, 1950, H. M. Stationery Office, 1951 (R. A. M. XXX: 590—591. 1951).
- Rishbeth J., 1951. Observations on the biology of *Fomes annosus*, with particular reference to East Anglian Pine plantations. III. Natural and experimental infection of Pines and some factors affecting severity of the disease, „Ann. Bot. N. S.“ 15: 222—246.
- Rishbeth J., 1951. Butt rot by *Fomes annosus* Fr. in East Anglian Conifer plantations and its relation to tree killing, „Forestry“ XXIV: 114—120.
- Süchting W., Jessen W., Maurmann G., 1937. Wuchsleitung und Nährstoffaufnahme junger Holzpflanzen (Lärche, Kiefer, Fichte, Buche) in Abhängigkeit von Bodenreaktion und Düngung, „Ztschr. f. die Bodenkunde und Pflanzenernährung“, 5: 338—374.
- Terlikowski F., 1949. Gleboznawstwo ogólne, Fizyka gleby, Poznań.
- True R. H., 1922. The significance of calcium for higher green plants, „Science“, 55: 1—6.
- Väter H., 1927. Die Bewurzelung der Kiefer, Fichte und Buche, „Tharandt. Forstl. Jahrb.“, 65.
- Wagenhoff A., 1938. Untersuchungen über Entwicklung des Wurzelsystems der Kiefer auf diluvialen Sandböden, „Ztschr. f. Forst- und Jagdwesen“, 70: 449—494.
- Wanin S. J., 1934. Lesnaja Fitopatologija, Leningrad.
- Wiedemann E., 1942. Die schlechtesten Ostdeutschen Kiefernbestände, Berlin.
- Williams W. P., 1939. Poczwowiedzenie, Moskwa.

Materiały do studium nad geograficzną zmiennością liści buka (*Fagus silvatica* L.) w Polsce.

I. Analiza populacji buka na północnym Rostoczu pod względem cechy „ilości nerwów bocznych”

*Zur Frage nach der geographischen Variabilität der Blätter von Buche
(Fagus silvatica L.) in Polen. I. Statistische Analyse der Buchenpopulation
von Nord-Rostocze hinsichtlich der Anzahl der Seitennerven*

J. PODGORSKA

Zagadnieniem zmienności liści buków zajmowało się już wielu autorów. W latach 1933—1935 ogłosiła wyniki badań nad zmiennością liści *Fagus silvatica* L. i *Fagus orientalis* Lipsky Hanna Czeczott. Posługując się metodą biometryczno-statystyczną autorka dążyła do uchwycenia prawidłowości w występowaniu cech ilościowych, które umożliwiałyby określanie gatunków i form, głównie materiału kopalnego, znanego przeważnie z większej ilości liści (Czeczott, 1933). W tym celu badała ona przede wszystkim liście buków obecnie żyjących, opierając się przy tym zarówno na dostępnym jej materiale zielnikowym, jak też na specjalnie w tym celu zebranych próbkach. Próbki te zebrane w sześciu punktach Europy obejmowały materiał składający się z 84 do 100 liści — po jednym liściu z drzewa. Materiał zielnikowy składał się z dwu prób liczących po 350 liści, zebranych każda z 61 drzew w 44 miejscowościach w obrębie zasięgu *Fagus orientalis* i 44 miejscowościach w obrębie zasięgu *Fagus silvatica*. W obydwu wypadkach badaniu podlegał którykolwiek górny liść krótkopędu.

Po zbadaniu 13 cech liści wymienionych buków Czeczottowa uznała ilość nerwów bocznych za najistotniejszą cechę rozróżniającą *Fagus silvatica* L. od *Fagus orientalis* Lipsky, przy czym *Fagus silvatica* charakteryzować miała modalna 8 nerwów bocznych, *Fagus orientalis* zaś modalna 10 nerwów bocznych. Na pograniczu zasięgów tych obu buków występować miał zdaniem autorki tak zwany *Fagus moesiaca* (Maly, Domin) Czeczott, charakteryzujący się między innymi modalną 9.

Szafer (1935) opierając się na danych Czeczottowej i stosując jej metodę stwierdził na obszarze Podola zachodniego występowanie buka o modalnej 9 i w związku z innymi przeprowadzonymi badaniami wyraził przypuszczenie, że buk ten jest reliktem z finiglacjału, który zja-

wił się na tym obszarze około 4 tysiące lat wcześniej niż na obszarze Polski. Stanowi on prawdopodobnie w stosunku do *Fagus silvatica* odrębną formę o własnej historii i własnym zasięgu, ograniczonym przypuszczalnie od zachodu i północy do obszaru właściwego Podola.

Mądalski (1947) przeprowadził metodą zaleconą przez Czeczottową badanie liści buków początkowo na terenie północnej krawędzi Podola, a później rozszerzył na tereny położone dalej na zachód łącznie z Pomorzem. Przeliczył on nerwy boczne 20 108 liści pochodzących z 92 drzew i otrzymał nieoczekiwanie modalną 10. Modyfikacją wprowadzoną w tych badaniach było pobieranie większych próbek z jednego drzewa oraz branie pod uwagę modalnej dla poszczególnych drzew, przez co autor eliminował częściowo wpływ zmienności indywidualnej uzyskując większą wiarygodność wyników. Badania Mądalskiego wykazały nieprzydatność systematyczną wartości modalnej cechy „ilość nerwów bocznych“, a tym bardziej bezpodstawność wyróżniania w oparciu na tej cesze form pośrednich między *Fagus silvatica* i *F. orientalis*. Jednak pozornie rozstrzygnięta przez niego kwestia jednorodności populacji buka na naszym terenie pod względem omawianej cechy pozostała nadal otwarta. Uzyskanie ujemnego wyniku nie dowodzi jeszcze braku różnicowania, a objęcie wspólnym opracowaniem dużego i niejednorodnego terenu nasuwa wątpliwości, czy nie zostały przy tym zatarte drobne różnice regionalne.

Badania Matuszkiewicza (1949), przeprowadzone w Sudetach a mające na celu sprawdzenie, czy stosunki stwierdzone przez Mądalskiego dotyczą również tego terenu, z jednej strony potwierdziły wniosek Mądalskiego o nieprzydatności taksonomicznej wartości modalnej cechy „ilość nerwów bocznych“, a z drugiej strony wskazały na możliwość istnienia geograficznej zmienności liści buków pod względem wartości średniej wyżej wymienionej cechy. W ten sposób wyłoniła się kwestia przeanalizowania tej sprawy na podstawie porównania wartości średnich omawianej cechy, uzyskanych dla wielu niewielkich okręgów rozmieszczonych po całym zasięgu buka w środkowej i wschodniej Europie. Rozstrzygnęłoby to sprawę, czy istnieje uchwytna zmienność geograficzna badanej cechy populacji buka oraz jaki jest kierunek i charakter tej zmienności. Ponieważ zachodnio- i środkowo-europejski *Fagus silvatica* wykazuje pod względem cechy „ilość nerwów bocznych“ wartości niższe w porównaniu ze wschodnim *Fagus orientalis* — można przypuścić, że w strefie przejściowej między obu zasięgami wartość tej cechy powinna wzrastać w kierunku z zachodu na wschód.

Charakter zmienności omawianej cechy w obszarze przejściowym rzucić może interesujące światło na kwestię systematycznej odrębności form przejściowych w rodzaju *Fagus moesiaca*. Jeśli mianowicie istnieje jakaś wyodrębniona forma pośrednia, to powinna ona mieć swój zasięg.

a co za tym idzie — również granice zasięgu. Prace C z e c z o t t o w e j (1933) i S z a f e r a (1935) wskazywałyby, że granica ta powinna przebiegać we wschodniej części Europy środkowej. Wynikałoby z tego, że w strefie tej zmienność cechy „ilość nerwów bocznych“ powinna by mieć charakter zmienny.

Z dotychczasowych badań nad zmiennością liści buka pod względem cechy „ilość nerwów bocznych“ wynikają zatem następujące kwestie wymagające wyjaśnienia:

1-o. Czy na peryferiach zasięgu buka w Europie środkowej omawiana cecha wykazuje konsekwentną zmienność regionalną z tendencją wzrostową z zachodu na wschód.

2-o. Czy istnieje strefa, w której zmienność omawianej cechy przybiera charakter skokowy, i jakie jest ewentualnie położenie tej strefy.

3-o. Czy istnieje związek między omawianą cechą morfologiczną a warunkami ekologicznymi.

Odpowiedź na powyższe pytania jest możliwa w wyniku przeprowadzenia planowej analizy biometryczno-statystycznej w licznych punktach zasięgu buka w Europie środkowej i wschodniej. Praca niniejsza jest fragmentem tak pomyślanych badań i dotyczy przede wszystkim zmienności cechy „ilość nerwów bocznych“ liści w populacji buka w nadleśnictwie Zwierzyniec nad Wieprzem w powiecie zamojskim, w północnej części Roztocza.

Chcąc mieć dane całkowicie porównywalne z materiałem poprzednio opracowanym, szczególnie przez M ą d a l s k i e g o (1947) i M a t u s z k i e w i c z a (1949), zastosowałam identyczną metodę zbierania i opracowania materiału. Zbierałam do obliczeń wyłącznie dwa najwyższe liście z krótkopędów dolnych nie owocujących gałęzi starych drzew, przy czym starałam się, aby drzewa te były możliwie równomiernie rozmieszczone w badanym terenie, w różnych warunkach pobierania wody, nasłonecznienia oraz w różnych stosunkach biocenotycznych, gdyż dzięki temu, podobnie jak moi poprzednicy, mogłam częściowo wyeliminować z rozważań natury geograficznej wpływ zmienności siedliskowo-lokalnej. Nerwy boczne liczyłam zawsze po większej stronie liścia, przy czym w stosunku do najwyższych nerwów (u szczytu liścia) trzymałam się zasady M ą d a l s k i e g o, uwzględniając każdy widoczny gołym okiem nerw dochodzący do brzegu blaszki. Z każdego drzewa przeliczałam około 200 liści. W ten sposób zbadałam 55 drzew przeliczając ogółem 11 463 liści.

Materiał zestawiałam w tabeli 1 oraz opracowałam statystycznie; rezultaty tych obliczeń przedstawiają tabele 2 i 3.

Z danych tabeli 2 wynika, że szereg rozdzielczy zbliża się do rozkładu normalnego. Zakres zmienności 6 — 12 nerwów, wartość modalna 9. frekwencja modalnej 42,1%.

T a b e l a 1

Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści” populacji buka
w nadleśnictwie Zwierzyniec

L. p.	Stanowisko	Ilość nerwów bocznych w liściu							n	Mo
		6	7	8	9	10	11	12		
1	Oddz. 119b	—	—	13	110	93	5	—	221	9
2	„ 119b	—	—	8	51	75	36	—	170	10
3	„ 119a	—	—	4	116	81	2	—	203	9
4	„ 148	—	1	1	15	88	139	1	245	11
5	„ 118c	—	1	18	50	101	30	—	200	10
6	„ 4F	—	2	18	61	66	—	—	147	10
7	„ 118c	1	23	80	147	18	—	—	269	9
8	„ 165a	—	7	34	96	27	1	—	165	9
9	„ 155a	—	5	42	124	29	—	—	200	9
10	Guciów	—	—	2	57	134	9	—	202	10
11	„	—	—	3	25	166	7	—	201	10
12	Oddz. 155a	4	14	60	116	17	1	—	212	9
13	„ 167	1	15	58	132	21	—	—	227	9
14	„ 167	3	8	42	85	75	1	—	214	9
15	„ 165	1	6	21	52	90	30	—	200	10
16	„ 165b	—	16	81	109	6	—	—	212	9
17	Laskowice	—	5	16	75	104	—	—	200	10
18	Oddz. 118k	—	3	17	54	103	25	—	202	10
19	Guciów wzgórze	—	3	8	49	133	8	—	201	10
20	Oddz. 180b	—	3	17	42	95	49	—	206	10
21	„ 150	—	2	19	102	77	1	—	201	9
22	„ 150	1	6	27	59	105	9	—	207	10
23	„ 150	—	13	46	123	25	1	—	208	9
24	„ 150	—	9	21	60	97	38	—	225	10
25	„ 151	—	19	42	121	27	—	—	209	9
26	„ 137	1	1	23	59	103	36	—	223	10
27	„ 148	—	3	30	118	55	1	—	207	9
28	Oddz. 163a	—	6	22	112	107	—	—	247	9
29	„ 149t	—	6	29	147	39	—	—	221	9
30	„ 133	—	10	64	141	7	—	—	222	9
31	„ 133	—	2	8	64	124	8	—	206	10
32	„ 163	—	10	125	106	—	—	—	241	8
33	„ 122	—	9	48	134	9	—	—	200	9
34	„ 122	—	3	57	138	9	—	—	207	9
35	„ 122	—	8	29	50	97	18	—	202	10
36	„ 148	—	6	16	66	113	8	—	209	10
37	„ 123c	—	18	60	127	2	—	—	207	9
38	„ 123	—	6	24	103	67	1	—	201	9
39	„ 123c	—	2	10	22	131	40	1	206	10
40	„ 123c	—	1	15	52	120	12	—	200	10
41	„ 124c	—	—	3	26	88	85	—	202	10
42	„ 123c	—	3	14	62	117	4	—	200	10

T a b e l a 1 (c. d.)

L. p.	Stanowisko	Ilość nerwów bocznych w liściu							n	Mo
		6	7	8	9	10	11	12		
43	„ 124c	1	3	16	72	106	2	—	200	10
44	„ 1Fb	—	3	16	50	130	1	—	200	10
45	„ 1Fb	—	2	11	110	77	—	—	200	9
46	„ 153	—	1	18	135	47	—	—	201	9
47	„ 153	—	1	40	80	85	4	—	210	10
48	„ 152	—	5	81	129	1	—	—	216	9
49	„ 153	—	5	15	77	67	36	—	200	9
50	„ 137	—	7	24	76	194	2	—	203	10
51	„ 151c	—	—	15	84	112	2	—	213	10
52	„ 152	—	6	29	81	81	13	—	210	10
53	„ 152	—	3	28	135	35	—	—	201	9
54	„ 108	—	3	37	142	39	2	—	223	9
55	„ 107d	—	6	33	93	103	2	—	237	10
		13	300	1638	4822	4018	669	2	11462	

T a b e l a 2
Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści“ populacji buka
w nadleśnictwie Zwierzyniec

Ilość nerwów bocznych	6	7	8	9	10	11	12	N	Mo	M±m	σ±m
Frekwencja bezwzględna	13	300	1638	4822	4018	669	2	11462	9	9,269	0,878
Frekwencja w ‰	0,1	2,6	14,3	42,1	35,0	5,9	0,01			±0,008	±0,006

$$V = 9,5\%$$

T a b e l a 3

Zmienność wartości modalnej cechy „ilość nerwów bocznych liści“ populacji buka
w nadleśnictwie Zwierzyniec

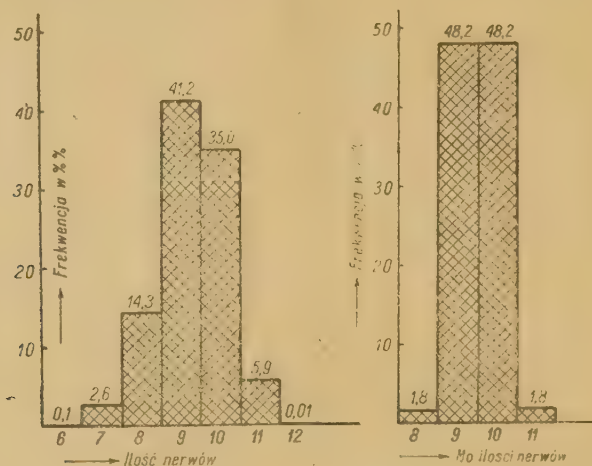
Mo ilości nerwów bocznych	8	9	10	11	N	Mo	M±m	σ±m
Frekwencja bezwzględna	1	27	27	1	56	9—10	9,500	0,567
Frekwencja w ‰	1,8	48,2	48,2	1,8			±0,076	±0,054

$$V = 5,97\%$$

Biorąc za przedmiot badania nie ilość nerwów bocznych poszczególnego liścia, ale wartość modalną tej cechy dla całego drzewa, otrzymamy szereg rozdzielczy, który przedstawia tabela 3.

Widzimy, że układ jest tu normalny, zakres zmienności mniejszy niż w poprzednim układzie, bo tylko od 8 — 11 nerwów bocznych. Największą frekwencję wykazują dwie klasy zmienności, a mianowicie 9 i 10 nerwów, każda z frekwencją 48,2‰, modalna jest tu, jak określa Mądalski, „niezdecydowana“ 9 — 10.

Z kolei porównam wyniki uzyskane dla Nadleśnictwa Zwierzyniec z materiałem zbadanym przez Matuszkiewicza (1949) w Sudetach oraz z danymi dotyczącymi Kotliny Kołtowskiej na północnej krawędzi Podola, zaczerpniętymi z tabeli I pracy Mądalskiego (1947)



Wykres. I. Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści” populacji buka w nadleśnictwie Zwierzyniec

(stanowiska Nr 16 — 42). Dane te zostały wybrane celem uzyskania jeszcze jednego punktu opracowanego tą samą metodą, gdyż porównywanie sumarycznych wyników Mądalskiego, opracowanych dla dużego terenu, miałyby się z myślą przewodnią mojej pracy. Poza tym stosowanie przez Mądalskiego jako charakterystyki jedynie wartości modalnej bardzo utrudnia statystyczną ocenę uzyskanych wyników.

Tabela 4
Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści” populacji buka w Sudetach
(Tabela II Matuszkiewicza 1949)

Ilość nerwów bocznych	7	8	9	10	11	N	Mo	M+m	$\sigma + m$
Frekwencja bezwzgl.	44	309	751	439	35	1578	9	9,071	0,818
Frekwencja w ‰	2,8	19,6	47,6	27,8	2,2			$\pm 0,021$	$\pm 0,015$
	V 9,0								

Tabela 5
Zmienność wartości modalnej cechy „ilość nerwów bocznych liści” populacji buka w Sudetach
(Tabela II Matuszkiewicza 1949)

Mo ilości nerwów bocznych.	8	9	10	N	Mo	M ± m	σ ± m
Frekwencja bezwzgl.	3	19	9	31	9	9,193	0,591
Frekwencja w ‰	9,7	61,3	29,0			±0,106	±0,075
	V = 6,4						

T a b e l a 6

Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych“ liści populacji buka w Kotlinie Kołtowskiej

Ilość nerwów bocznych	5	6	7	8	9	10	11	12	N	Mo
Frekwencja bezwzgl.	1	9	73	668	1823	2650	996	61	6281	10
Frekwencja w ‰	0,02	0,14	1,16	10,6	29,0	42,2	15,8	0,98		

$$M \pm m = 9,634 \pm 0,012 \quad \sigma \pm m = 0,953 \pm 0,009 \quad V = 9,9 \%$$

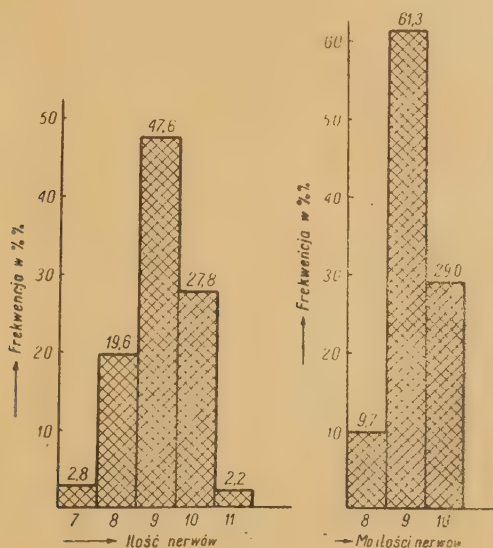
Szereg rozdzielczy jest typu rozkładu normalnego; zakres zmienności 5 — 12 nerwów, modalna 10, frekwencja modalnej 42,2‰.

T a b e l a 7

Zmienność wartości modalnej cechy „ilość nerwów bocznych liści“ populacji buka w Kotlinie Kołtowskiej
(na podstawie danych Mądalskiego 1947)

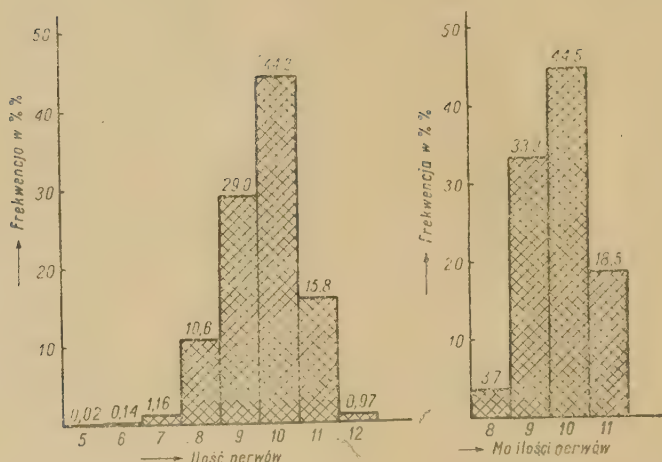
Modalna ilośći nerwów bocznych	8	9	10	11	N	Mo	$M \pm m$	$\sigma \pm m$
Frekwencja bezwzgl.	1	9	12	5	27	10	9,778	0,786
Frekwencja w ‰	3,7	33,3	44,5	18,5			$\pm 0,151$	$\pm 0,107$

$$V = 8,0 \%$$



Wykres II. Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści“ populacji buka w Sudetach (wg Matuszkiewicza, 1949)

Również i ten szereg rozdzielczy zbliża się do rozkładu normalnego; zakres zmienności od 8 — 11 nerwów, modalna 10, frekwencja modalnej 44,5‰.



Wykres. III. Zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liści” populacji buka w Kotlinie Kołtowskiej (wg danych Mądalskiego, 1947)

Z kolei przystąpię do porównania przytoczonych danych.

W stosunku do materiału sudeckiego buki ze Zwierzyńca wykazują większą zmienność cechy „ilość nerwów bocznych liścia”, mniejszą jednak niż populacja z Kotliny Kołtowskiej, jak to wynika z podanego zestawienia:

Zakres zmienności badanej cechy wynosi:

w Sudetach	— 7 — 11 nerwów
w Zwierzyńcu	— 6 — 12 „
w Kotl. Kołt.	— 5 — 12 „

Współczynnik zmienności (V) wynosi:

w Sudetach	— 9,0%
w Zwierzyńcu	— 9,5%
w Kotl. Kołt.	9,9%

Na podstawie tego zestawienia można wyrazić przypuszczenie, że istnieje tendencja do wzrostu zmienności badanej cechy w kierunku z zachodu na wschód.

W materiale sumarycznym Mądalskiego (1947) z dużego terenu, jak można się od razu spodziewać, zmienność była znacznie większa ($V = 12\%$) przy tym samym co dla Kotliny Kołtowskiej zakresie od 5—12 nerwów bocznych. Sumaryczne wartości modalnej badanej cechy również wykazują pewne różnice, a mianowicie:

- w Sudetach $Mo = 9$ z frekwencją 47,6%
 w Zwierzyńcu $Mo = 9$ z frekwencją 42,1%, przy czym różnica frekwencji między klasą 9 i 10 jest stosunkowo niewielka
 w Kotlinie Kołt. $Mo = 10$ z frekwencją 42,2%.

Podobnie jak zmienność, również i wartość modalna zdaje się wykazywać nieznaczną, lecz wyraźną tendencję do wzrostu z zachodu na wschód.

Zestawienie wartości modalnych dla całych drzew wykazuje istnienie znacznie mniejszego zakresu zmienności, wahającego się w granicach:

Sudety	8 — 10 nerwów bocznych
Zwierzyniec	8 — 11 nerwów bocznych
Kotlina Kołt.	8 — 11 nerwów bocznych

Największą frekwencję wykazują klasy:

- Sudety $Mo = 9$ nerwów bocznych, frekwencja 61,3%
 Zwierzyniec $Mo = 9$ i 10 nerwów bocznych, z frekwencją w obu 48,2%
 Kotlina Kołt. $Mo = 10$ nerwów bocznych, z frekwencją 44,5%.

Z zestawienia tego sądzić można również o tendencji do zwiększania się wartości modalnej badanej cechy dla całych drzew, w tym samym kierunku co i dla poprzednich wartości.

W związku z tym, że porównywanie modalnych następcza poważne trudności statystyczne, obliczyłam wartości średnie z danych tabel 3, 5 i 7, których zestawienie przedstawia się następująco:

Średnia wartość modalna dla Sudetów	$= 9,193 \pm 0,106$
Średnia wartość modalna dla Zwierzyńca	$= 9,500 \pm 0,076$
Średnia wartość modalna dla Kotliny Kołt.	$= 9,778 \pm 0,151$

Różnica średnich wartości modalnych dla drzew między Sudetami a Zwierzyńcem wynosi 0,307, jej średni błąd równa się 0,130; ponieważ jest ona zaledwie 2,36 razy większa od swojego średniego błędu, nie ma dostatecznych powodów do uznania jej za istotną, chyba przyjmując 5% ryzyka błędu, przy którym wartość graniczna funkcji t Fischera dla $V = 86$ wynosi 2,0.

Różnica między materiałem ze Zwierzyńca i Kotliny Kołtowskiej wynosi 0,278, a jej średni błąd 0,169, i wobec tego, że jest tylko 1,64 razy większy od swojego średniego błędu, może być uważana za nieistotną. Natomiast różnica między średnią wartością modalną dla Sudetów i Kotliny Kołtowskiej, która wynosi 0,585 i jest 3,18 razy większa od swojego średniego błędu ($m = 8,184$), musi być uznana za istotną.

Na podstawie powyższego sądzić można, że w terenie objętym porównaniem zmienność badanej cechy jest nieznaczna i ma charakter ciągły i dopiero porównanie skrajnych ogniów pozwala uchwycić istotne różnice ilościowe.

Porównując szeregi wartości cechy „ilość nerwów bocznych“ liści i biorąc przy tym pod uwagę jako charakterystykę zbiorczą nie modalną, ale wartość średnią omawianej cechy, otrzymałam na podstawie danych z tabel 2, 4 i 6 następujące zestawienie:

Sudety	$M = 9,071 \pm 0,021$
Zwierzyniec	$M = 9,269 \pm 0,008$
Kotlina Kołt.	$M = 9,634 \pm 0,012$

Różnica między materiałem ze Zwierzynca i Sudetów wynosi 0,198, jej średni błąd równa się 0,022, a zatem jako 9 razy większa od swojego średniego błędu musi być uznana za istotną.

Różnica między materiałem ze Zwierzynca i Kotliny Kołtowskiej, wynosząca 0,365, jest 28,1 razy większa od swojego średniego błędu ($m = 0,013$), jest przeto tym bardziej istotna.

Powyższe porównanie pozwala wnioskować, że wielkość badanej cechy wykazuje również tendencję do wzrostu w kierunku z zachodu na wschód.

WNIOSKI

Na podstawie badań będących treścią niniejszej pracy wysnuć można następujące wnioski:

1. Wartość modalna cechy „ilość nerwów bocznych“ liści — jak to już wykazał Mądalski — nie nadaje się do celów taksonomicznych, jako cecha odznaczająca się dużą zmiennością indywidualną i lokalną.

2. Analiza biometryczno-statystyczna populacji buka w trzech punktach zasięgu (Sudety, Zwierzyniec i Kotlina Kołtowska) pozwala stwierdzić, że cecha „ilość nerwów bocznych liści“ wykazuje uchwytą zmienność regionalną. W kierunku z zachodu na wschód wzrasta zarówno wartość modalna, jak i średnia, a także stopień zmienności badanej cechy.

3. Zmienność regionalna zaznacza się najwyraźniej przy porównaniu wartości średnich uzyskanych wprost dla danego zbioru liści. Jeśli natomiast porównywać będziemy przeciętne wartości dla poszczególnych prób drzew, z których każde scharakteryzowane jest swoją wartością modalną, to różnice między uwzględnionymi trzema punktami wystąpią słabiej o tyle, że za udowodnioną można uznać tylko różnicę między punktami skrajnymi. Jest to następstwem oparcia się na stosunkowo małej ilości drzew przy wielkiej zmienności indywidualnej i lokalnej badanej cechy.

4. Interesujący jest fakt, że różnica średnich wartości cechy „ilość nerwów bocznych liścia” dla populacji z Kołtowa i Zwierzyńca jest wyraźnie większa w porównaniu z taką różnicą dla Zwierzyńca i Sudetów, mimo że stosunek oddalenia porównywanych punktów jest w obu wypadkach wręcz odwrotny. Jeśli dalsze prace potwierdzą istnienie tej prawidłowości, można będzie przypuszczać, że w obszarze wschodniej części Europy środkowej zaznacza się nieciągłość w regionalnej zmienności badanej cechy.

Reasumując wyniki przedstawione w niniejszej pracy stwierdzić należy, że potwierdzają one wysuniętą na wstępie hipotezę roboczą. Zadaniem dalszych badań jest sprawdzenie nakreślonych tu prawidłowości na obfitym materiale uwzględniającym możliwie równomiernie różne części zasięgu buka. Pożądane jest rozszerzenie badań na inne cechy bardziej stałe i wartościowe systematycznie oraz zwrócenie jak największej uwagi na związek zmienności poszczególnych cech morfologicznych z kompleksem warunków środowiskowych. W ten sposób można w przyszłości uzyskać obraz zmienności geograficznej omawianego gatunku, przyczyniając się tym do wyjaśnienia spornych kwestii natury systematycznej.

Zakład Ekologii PAN
Dział Fitosocjologii

SPIS STANÓWISK DRZEW, Z KTÓRYCH POBRANO PRÓBKİ LIŚCI DO OPRACOWANIA

1. Oddz. 119 b, eksp. SSE, upad 5—10°, pod szczytem, blisko linii 118/119, (w zdjęciu nr 37), *Fagetum carpaticum*. 7.VIII.1952.
2. Oddz. 119 b, eksp. NNW, upad 20° na zboczu od strony oddz. 118 (w zdjęciu nr 38), *Fagetum carpaticum*. 7.VIII.1952.
3. Oddz. 119 a, w lesie jodłowo-bukowym. 7.VIII.1952.
4. Oddz. 148, naroże W, blisko drogi ze Zwierzyńca do Florianki. 7.VIII.1952.
5. Oddz. 118 c, eksp. NNW, upad 15° nieco na wschód od linii 118/119 (w zdjęciu nr 39), *Fagetum carpaticum*. 7.VIII.1952.
6. Oddz. 4F, Kamienna Góra koło Florianki, las bukowy. 7.VIII.1952.
7. Oddz. 118 C, Kamienna Góra koło Florianki, las bukowy. 7.VIII.1952.
8. Oddz. 165 a, w części NW, eksp. NW, upad 5—10° (w zdjęciu nr 55), *Fagetum carpaticum*. 12.VIII.1952.
9. Oddz. 155 a, naroże S, eksp. SW, upad 15°, około 100 m od linii 155/165 (w zdjęciu nr 54), *Fagetum carpaticum*. 12.VIII.1952.
10. Przy drodze blisko gajówki Guciów. 14.VIII.1952.
11. Przy drodze z Guciowa do Obroczy, resztkę lasu bukowego, miejsce otwarte. 14.VIII.1952.
12. Oddz. 155 a, las bukowy. 14.VIII.1952.
13. Oddz. 167, blisko drogi, las bukowy, drzewo zacięzione. 14.VIII.1952.
14. Oddz. 167, przy drodze, las bukowy, miejsce zacięzione. 14.VIII.1952.
15. Oddz. 165, zbocze S, buczyna, miejsce naświetlone. 14.VIII.1952.
16. Oddz. 165 b, naroże S, przy linii, las bukowy, miejsce prześwietlone. 14.VIII.1952.
17. Wieś Laskowice, stok południowy, miejsce otwarte. 14.VIII.1952.

18. Oddz. 118 k, przy skrzyżowaniu linii oddziałów 118, 119, 128, 129, drzewa rosnące w zwarcu. 14.VIII.1952.
19. Wzgórze wapienne na wschód od wsi Guciów, Kota 294 m. 14.VIII.1952.
20. Oddz. 180 b, eksp. NNE, upad 5—10°, część środkowa stoku małego wzgórza (w zdjęciu nr 60) *Fagetum carpaticum*. 16.VIII.1952.
21. Oddz. 150, brzeg lasu od strony pola (zniekształcone *Fagetum*). miejsce jasne. 16.VIII.1952.
22. Oddz. 150, brzeg lasu (zniekształcone *Fagetum*), miejsce zacienione. 16.VIII.1952.
23. Oddz. 150, stroma debra, kierunek SSW—NNE, nachylenie 45°, las bukowy, miejsce silnie zacienione. 16.VIII.1952.
24. Oddz. 150, zachodni brzeg debry, *Fagetum carp.*, miejsce prześwietlone. 16.VIII.1952.
25. Oddz. 151, debra przy linii, *Fagetum carp.* 16.VIII.1952.
26. Oddz. 137, w debrze przy linii 137/151, *Fagetum carp.* 16.VIII.1952.
27. Oddz. 148, przy drodze do Zwierzyńca, las bukowy, miejsce zacienione. 16.VIII.1952.
28. Oddz. 163 a, brzeg lasu koło Florianki, zmienione *Fagetum*. 16.VIII.1952.
29. Oddz. 149 t, brzeg lasu koło Florianki, zmienione *Fagetum*. 16.VIII.1952.
30. Oddz. 133, naroże S, koło drogi na Floriankę. 16.VIII.1952.
31. Oddz. 133, przy drodze na Floriankę. 16.VIII.1952.
32. Oddz. 163, brzeg lasu od strony pola, blisko Florianki, miejsce oświetlone 16.VIII.1952.
33. Oddz. 122, przy drodze ze Zwierzyńca do Florianki. 16.VIII.1952.
34. Oddz. 122, brzeg lasu z prawej strony drogi z Florianki do Zwierzyńca. 16.VIII.1952.
35. Oddz. 122, brzeg lasu z lewej strony drogi z Florianki do Zwierzyńca. 16.VIII.1952.
36. Oddz. 148, koło Florianki przy drodze do Zwierzyńca, las bukowy, miejsce zacienione. 17.VIII.1952.
37. Oddz. 123 c, las bukowy. 21.VIII.1952.
38. Oddz. 123 c, las bukowy, miejsce jasne. 21.VIII.1952.
39. Oddz. 123 c, las bukowy, miejsce jasne. 21.VIII.1952.
40. Oddz. 123 c, las bukowy. 21.VIII.1952.
41. Oddz. 124 c, las bukowy, miejsce jasne. 21.VIII.1952.
42. Oddz. 123 c, las bukowy. 21.VIII.1952.
43. Oddz. 124 c, las bukowy. 21.VIII.1952.
44. Oddz. 1F b, las bukowy z sosną, blisko brzegu. 21.VIII.1952.
45. Oddz. 1F b, brzeg lasu bukowego z sosną. 21.VIII.1952.
46. Oddz. 153 a, brzeg lasu, zniekształcone *Fagetum*, miejsce oświetlone. 22.VIII.1952.
47. Oddz. 153 a, brzeg lasu bukowego, miejsce oświetlone. 22.VIII.1952.
48. Oddz. 152, blisko linii, miejsce zacienione. 22.VIII.1952.
49. Oddz. 153 a, brzeg lasu bukowego, gałęzie od strony lasu. 22.VIII.1952.
50. Oddz. 137, dolna część debry, miejsce oświetlone, *Fagetum carp.* 22.VIII.1952.
51. Oddz. 151 c, górna część debry, zniekształcone *Fagetum*. 21.VIII.1952.
52. Oddz. 152, blisko skrzyżowania linii 152, 153, 139, las bukowy, miejsce zacienione. 21.VIII.1952.
53. Oddz. 152, na skraju lasu bukowego blisko słupa 152, 153, 139, miejsce prześwietlone. 21.VIII.1952.
54. Na linii 108/119, zniekształcone *Fagetum*. 21.VIII.1952.
55. Oddz. 107 d, eksp. SE, upad około 10°, na zboczu (w zdjęciu nr 68), *Abietetum*, miejsce prześwietlone. 21.VIII.1952.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Verfasserin untersuchte die Buchenpopulation des Forstamtes Zwierzyniec n/W. im Roztocze-Gebiet (Südostpolen) in Bezug auf die Anzahl der Seitennerven von Blättern mit der Absicht die Frage nach der geographischen Variabilität dieses Merkmals, welche nach den letzten Forschungen von M a d a l s k i (1947) im negativen Sinne gelöst worden war, von einer anderen Seite neu in Angriff zu nehmen. Obwohl die vom genannten Verfasser gezogenen Schlüsse sich auf ein sehr umfangreiches Material stützen, kann die statistische Bewertung desselben nicht als ganz einwandfrei geschätzt werden. Es ist namentlich nicht ausgeschlossen, dass durch Zusammenwerfen eines geographisch so uneinheitlichen Materials die vorhandenen, wenn auch kleinen, regionalen Unterschiede gerade verwischt worden sind. Es ist daher angezeigt, die Variabilität des fraglichen Merkmals streng lokal zu verfolgen und erst die Resultate einer ganzen Reihe solcher planmässig gestreuten Analysen miteinander zu vergleichen. In der vorliegenden Arbeit werden die Ergebnisse einer statistischen Betrachtung der Buchenpopulation von Nord-Roztocze mitgeteilt und mit den zur Zeit vorhandenen Angaben aus anderen Gebieten verglichen.

In methodischer Hinsicht hat sich die Verfasserin den Anweisungen von M a d a l s k i (1947) angeschlossen. Es wurden stets je zwei höchste Blätter der Kurztriebe von unteren nichtfruchtenden Ästen der alten Bäume in Betracht gezogen. Die mit blossen Auge sichtbaren Seitennerven wurden, stets an dem grösseren Teil der asymmetrischen Blattspreite gezählt, von jedem Einzelbaum wurden ca 200 Blätter analysiert. Auf diese Weise sind 55 Bäume untersucht worden; die Summe der gezählten Blätter beträgt 11 463.

Die Ergebnisse einer variationsstatistischen Analyse sind tabellarisch zusammengestellt (s. Tabelle 2 und 3) sowie graphisch dargestellt worden.

Im weiteren wurden die erhaltenen Resultate mit den analogen Angaben aus den Sudeten (M a t u s z k i e w i c z, 1949) und aus dem Kołtów-Becken am N-Rande Podoliens (nach dem Zahlenmaterial von M a d a l s k i, 1947, statistisch bearbeitet) verglichen.

Auf Grund dieser Bearbeitung kommt die Verfasserin zu folgenden Schlüssen:

1. Das Merkmal „Seitennervenzahl der Blätter“ ist bei der Rotbuche einer so grossen Variabilität unterworfen, dass es zu taxonomischen Zwecken kaum benutzt werden darf.

2. Die Anzahl der Seitennerven bei Buchenblättern scheint dennoch eine geographische Variabilität aufzuweisen: in der Richtung vom Westen nach Osten lässt sich ständig eine deutliche, wenn auch geringe, Zunahme des Mittelwertes, des betreffenden Merkmals verfolgen, und zwar:

Sudeten	M = 9,071 ± 0,021
Zwierzyniec	M = 9,269 ± 0,008
Kołtów-Becken	M = 9,634 ± 0,012

3. Die statistische Bewertung der erhaltenen Resultate lässt auch vermuten, dass im östlichen Teil Mitteleuropas eine merkbare Schwell-

zone in Bezug auf die Variabilität des untersuchten Merkmals vorliegt. Ob es sich hier um Arealgrenzen zweier auch taxonomisch fassbaren Einheiten handelt, sollen weitere Vergleichsuntersuchungen zeigen.

L I T E R A T U R A

- C z e c z o t t H., 1933, Studium nad zmiennością liści buków: *Fagus orientalis* L i p s k y, *F. silvatica* L. i form przejściowych. Cz. I. „Rocznik Pol. Tow. Dendr.“, vol. V.
- M a t u s z k i e w i c z W., 1949. Uwagi o zmienności liści buka (*Fagus silvatica*) w Sudetach. „Annales U. M. C. S.“, Sect. E. vol. IV, 10. Lublin.
- M a d a l s k i J., 1947. Z badań nad *Fagus silvatica* L. i *Fagus moesiaca* (M a l y, D o m i n) C z e c z o t t, „Acta Soc. Bot. Pol.“, vol. XVIII, nr 2.
- S z a f e r W., 1935. Las i step na zachodnim Podolu. „Rozprawy Wydz. Mat. Przyr. P. A. U.“, t. 71, Dz. B., nr 2, Kraków.
- W i ś n i e w s k i T., 1932. Studia biometryczne nad zmiennością buka (*Fagus silvatica*) w Polsce, I, „Sylwan“, roczn. I, Lwów.
- W u l f f E., 1939. Nowyje dannyje po gieografii wostocznego buka. „Sowietskaja botanika“, nr 3.

Badania nad mykotrofizmem wilczej jagody
(*Atropa belladonna* L.)
w naturalnych i sztucznych warunkach rozwoju
oraz próby powiązania tego zjawiska z zawartością atropiny
Atropine contents and mycotrophy of Atropa belladonna L. growing on
natural habitats and in culture

I. FRYDMAN

Dotychczas nie znalazłam żadnej wzmianki w literaturze o współżyciu wilczej jagody z grzybami. Mykoryzą jej nie interesowano się może dlatego, że zagadnienie to dawniej traktowano tylko z punktu widzenia teoretycznego. Dopiero niedawno dzięki bardzo wielu pracom zrozumiano, że współżycie grzybów z korzeniami roślin wyższych ma duże znaczenie praktyczne wżywieniu roślin.

Sens ogólny współżycia roślin wyższych z grzybami jest taki: rośliny wyższe dzięki współżyciu korzystają z materii organicznej gleby, grzyby zaś mykoryzowe nie syntetyzujące pewnych niezbędnych im do życia ciał, na przykład witamin i ich części składowych lub hormonów wzrostowych, znajdują je w formie gotowej do przyswajania w tkankach korzeni rośliny zielonej, dokąd przenikają. Los rośliny zielonej i grzyba zależy od „modus vivendi” tych symbiontów między sobą. W skrajnym wypadku może zamienić się w pasożytnictwo, wtedy ofiarą pada roślina wyższa lub grzyb. Przeważnie ustala się równowaga chwiejna między trwającymi się wzajemnie symbiontami. Sens mykoryzy stanowi nieustanna walka dwóch organizmów pozostających w ścisłym kontakcie ze sobą.

Dotychczas wiemy, że wrzosowate nie dadzą się przenosić bez równoczesnego szczepienia gleby glebą z ich naturalnego stanowiska, gdzie żyją grzyby symbiotyczne. Również ciemierzycy i ziemowit jesienny nie dadzą się przenosić bez zespołów mikrobów glebowych. Wilcza jagoda nie jest tak ściśle związana ze swymi naturalnymi symbiontami, ale nie wiadomo, czy obywanie się bez nich nie upośledza jej rozwoju.

Według Sieversa, Chevaliera i innych autorów (Hegi) największy procent alkaloidów zawierają rośliny 1-roczone w pierwszej połowie września, kiedy może on dojść do 0,65%. Chevalier poza tym stwierdził, że intensywne nawożenie azotowe (obornik) zwiększyło ilość alkaloidów do 0,75%. Ze zdaniem powyższym zgodne są donie-



Ryc. 1. *Atropa belladonna* na małej luce w drzewostanie w Rościszowie

sienia S a r a j e w e j (1951), że największa zawartość alkaloidów występuje w liściach wilczej jagody jesienią i wynosi przeciętnie 0,73%. Farmakopea francuska zaś twierdzi, że największa zawartość atropiny jest w liściach wilczej jagody na początku kwitnienia rośliny.

Hipotezę roboczą ujęłam w następujące trzy pytania:

1. Jaki wpływ na zawartość alkaloidów ma przeniesienie wilczej jagody z naturalnych warunków rozwoju do uprawy sztucznej?
2. Czy wilcza jagoda jest rośliną mykotroficzną?
3. A jeżeli tak, czy szczepienie gleby symbiontycznymi grzybami jest potrzebne dla uzyskania normalnego plonu atropiny?

Materiał do badań w mej pracy pochodzi z trzech miejscowości, z których próbki gleby ze stanowisk wilczej jagody zostały poddane badaniom chemicznym:

1. Rościszów — Sowie Góry, aturalne stanowisko w borze świerkowym.
2. Ogród Botaniczny — Wrocław, sztuczne stanowisko stworzone przeze mnie.
3. Biskupin — Wrocław, sztucznie założona uprawa.

Ponieważ naturalne stanowisko (Rościszów) jest dość odległe od Wrocławia, więc siłą rzeczy zbiór nie mógł odbywać się równocześnie. Dla-

tego istnieją różnice parodniowe. Rozwój też przebiegał na stanowiskach niejednocześnie. Podczas gdy na stanowisku naturalnym, znacznie wyżej położonym, wypadał okres pełnego kwitnienia, to na uprawach sztucznych, na nizinie we Wrocławiu, kończyło się kwitnienie.

Wybrane 1-letnie okazy wilczej jagdy w Rościszowie wykopałam z dużą bryłą ziemi starając się nie naruszyć systemu korzeniowego oraz nie zniszczyć grzybów symbiontów, potrzebnych do zainfekowania nowego stanowiska. Dzięki szybkiemu przewiezieniu roślin nie utraciły one turgoru i od razu zostały wraz z bryłą ziemi odstawione do Ogrodu Botanicznego we Wrocławiu, gdzie już po 4 godzinach posadzone zostały na uprzednio przygotowane poletka pod koroną dębu. Poletka tak dobrano, aby były najbardziej podobne do stanowiska naturalnego, a więc trochę ocienione i osłonięte od wiatru.



Ryc. 2. *Atropa belladonna* wyrastająca na luce wśród boru świerkowego

Wobec rozbieżności zdań różnych badaczy co do zawartości alkaloidów w różnych okresach wegetacji, liście do analiz zbierałam według zjawisk fenologicznych tuż przed kwitnieniem, w okresie kwitnienia i pod koniec owocowania w ciągu lat 1949—1953, ze wszystkich stanowisk zawsze przed południem, wybierając do badań osobniki o wyglądzie zdrowym, dobrze wyrosnięte i ze stosunkowo dużą masą liści. Liście zrywałam ręcznie, wybierając zdrowe, średniej wielkości, żywo zielone i nanizane luźno na nitce, ostrożnie wynosiłam z danego stanowiska, aby się blaszki nie zetknęły. Na początku suszyłam je, rozwieszając na pobliskim strychu silnie nagrzanym słońcem i dobrze przewietrzanym; później dosuszałam w suszarce elektrycznej w 50°C. Wysuszone, matowozielone, o zapachu aromatycznym wkładałam od razu do potrójnych papierowych torebek i zaklejone odstawiałam do Zakładu Farmakologii Weterynaryjnej w celu dokonania analizy chemicznej¹. Do badań mykoryzowych brałam korzonki najcieńsze 1-rocznych roślin, które po opłukaniu umieszczałam w alkoholu 95% i metodą parafinową sporządzałam trwałe preparaty anatomiczne.

¹ Panu prof. drowi A. Szwabowiczowi serdecznie dziękuję za oznaczenie zawartości alkaloidów w liściach.

I. Naturalne stanowisko — Rościszów (i obok: Lasocin, Potoczek Padole, Kamionka, Kuźnica i in.). Położony jest w Sowich Górach blisko 600 m n.p.m., ekspozycja południowo-wschodnia, słoneczne zbocze. Wilcza jagoda rośnie tu



Ryc. 3. *Atropa belladonna* wyrastająca pod okapem zupełnie zwartego drzewostanu świerkowego w Rościszowie. Słońce oświetla liście tylko plamami i to przez krótki czas. Mimo to egzemplarz ten jest doskonale rozwinięty, a w badaniach wykazał przeciętną zawartość atropiny, charakterystyczną dla materiału z Rościszowa

na lukach leśnych w drzewostanie świerkowym. W runie występują: *Solidago sirga-aurea* (masowo), *Rubus idaeus* tworzący miejscami trudne do przebycia „maliniaki“, *Poa nemoralis*, *Tussilago farfara*, *Urtica dioica*, *Lactuca muralis*, *Digitalis purpurea*, *Senecio Fuchsi*, *Oxalis acetosella* i in.

Wilcza jagoda występuje tu masowo łąkami lub dużymi kępami, jest bardzo okazała (ryc. 1—2), strzelisto wprost w górę rosnąca, o bocznych odgałęzieniach również do góry skierowanych, tak że z dala ma się wrażenie, że rośliny są nie rozgałęzione. Korzenie palowe u starszych okazów są grubości ramienia dorosłego człowieka (ryc. 5). Rozwijają dość grube, mocne łodygi i masę dużych mozaikowato względem słońca ułożonych liści.

Osiągalne dane klimatyczne dla stanowiska tego zaczerpnęłam z „Deutsches Meteorolog. Jahrbuch“. Niestety dotyczą one lat 1924—1933.

	M i e s i ą c e											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Średnia temperatura	1.4	2.2	1.8	6.5	12.0	14.4	17.5	16.0	13.3	7.9	4.0	—1.5
Opady w mm	30	26	27	58	93	90	93	78	44	39	46	28

Profil glebowy stanowiska:

- 0 — 5 cm Poziom ściółki leśnej o bardzo dobrym rozkładzie.
- 5 — 25 cm Poziom gliniasto-piaszczysty o składzie mechanicznym powstałym na skutek zwietrzenia gnejsów, zawiera odłamki skalne, jest brunatnoczerwony.

24 — 35 cm Gruba ziarnista zwietrzelina z odłamkami skalnymi.

35 — 58 cm Gruz skalny z gruboziarnistą zwietrzeliną, poniżej 58 cm gnejsy biotytowe.

II. Ogród Botaniczny we Wrocławiu. Trzy stanowiska sztuczne:

1. Ocienione przez potężnie rozrośnięty dąb. Na środku poletka zasadzono kilka 1-rocznych okazów przywiezionych wraz z glebą z Rościszowa. Dokoła nich wysiano jesienią nasiona pozyskane z naturalnego stanowiska w Rościszowie. Na wiosnę z tychże nasion wyhodowano rozsadę i dosadzono do istniejących już roślin. Oprócz tego rozsiały się już samorzutnie okazy przywiezione z Rościszowa. Tym sposobem stale powiększała się uprawa. Cel doświadczenia: wpływ zmiany stanowiska na zawartość alkaloidów i obecność mykoryzy.

Pokrój okazów, które tu wyrosły, wybitnie różni się od okazów z lasu. Rosną one wszerek, rozgałęziają się bardzo od samej podstawy, dochodzą zaledwie do 50—70 cm wysokości. Liście mają znacznie mniejsze, kwitną i owocują wcześniej niż w Rościszowie (ryc. 4).

2. W innym miejscu Ogrodu Botanicznego, na otwartym, nasłonecznionym miejscu założyłam jesienią 1951 r. poletko złożone z 2 pól po 1 m²:



Ryc. 4. *Atropa belladonna* na poletku doświadczalnym w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu. Fotografia wykonana w rok po przeniesieniu z boru świerkowego w Rościszowie.

pierwsze zasiałam nasionami z naturalnego stanowiska w Rościszowie, drugie zasiałam nasionami ze sztucznego stanowiska w Ogrodzie Botanicznym.

Cel doświadczenia: wpływ nasłonecznienia na zawartość atropiny i na rozwój grzybów mykoryzowych.



Ryc. 5. *Atropa belladonna*. Korzeń palowy. Dla porównania umieszczono obok łopatkę saperską. Rościszów.

Uzyskane siewki już w 1—2 roku życia osiągnęły 40—50 cm, rosły wprost do góry pionowo, liście miały mniejsze niż w lesie i mniej liczne, w drugim roku życia już owocowały. Również jesienią 1951 r. wysiałam pewną ilość nasion do skrzynki ulokowanej na zimę w inspekcie w temperaturze blisko 0°C.

5.III.1952 wysiałam nasiona do skrzynki w szklarni w temperaturze 10—15°C.

20.IV.1952 siewki przepikowałam w skrzynkach z glebą mieszaną (ściółka z liści, ziemia z inspektów, torf i piasek).

17.V.1952 część rozsady przepikowałam na półka w Ogrodzie Botanicznym.

3. Jeszcze w innym miejscu Ogrodu w pełnym cieniu, pod koroną lipy, na poletkach zasianych jesienią 1952 r. wyrosły, choć znacznie później, bardzo liczne okazy, które przepikowałam na grzędy na Biskupinie.

Dane klimatyczne dla stanowiska sztucznego w Ogrodzie Botanicznym we Wrocławiu pochodzą z publikacji pt. *Prace Zakładu i Obserwatorium Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu i Politechniki we Wrocławiu*. Są to średnie z ośmiolecia 1946—1953.

	M i e s i ą c e											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Srednia temperatura	—1,4	—1	2,5	10	14	17	19	17,5	14	7,5	4,3	0,1
Opady w mm.	43	35	29	31	63	58	66	76	31	32	50	30

III. Stanowisko sztuczne na Biskupinie we Wrocławiu, blisko stawu; z jednej strony czyste pole, z drugiej ogród warzywny. Ziemia bardzo dobrze uprawiona i oczyszczona z chwastów, które tam bardzo szybko rosną. Całość doświadczenia na pełnym słońcu obejmuje pół ara ziemi bogatej w próchnicę, głęboko przekopanej i spulchnionej. Pole to podzieliłam głęboką bruzdą na dwie części, z których jedna została zaszczipiona 40 kg gleby leśnej z naturalnego stanowiska wilczej jagody z Rościszowa.

Przeszło 110 sztuk rozsady (uzyskanej z nasion zasianych 5.III.1952 r.) rozsadziłam na obu poletkach równomiernie, w ciepły pochmurny dzień, po ulewnym deszczu. Dobrze, bujnie wyrosła tu wilcza jagoda, a okazy niczym się nie różniły zewnętrznie między sobą, dochodziły do 50 cm wysokości i w 1 roku życia bardzo były podobne do roślin wyrosniętych na pełnym słońcu w Ogrodzie Botanicznym.

Cel doświadczenia: wpływ nasłonecznienia i szczepienia na zawartość atropiny i obecność mykoryzy.

Profil glebowy stanowiska ²:

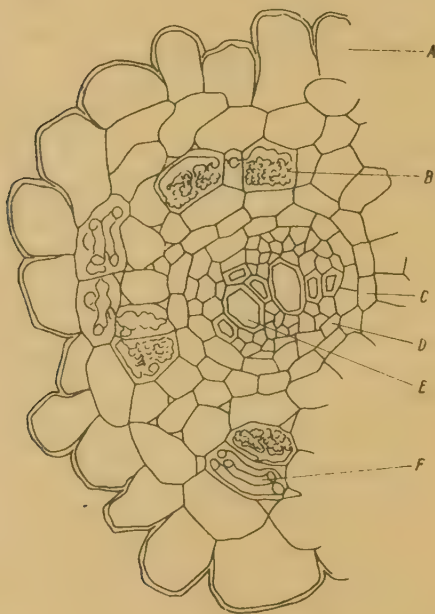
- 0 — 23 cm Poziom piaszczysto-gliniasty z domieszką próchnicy.
23 — 36 cm Poziom gliniasty z rdzawymi naciekami żelazistymi.

² Panu prof. drowi St. Kowalińskiemu dziękuję za pomoc w terenie przy opracowaniu profilów glebowych.

30 — 80 cm Poziom sinobiałej glinki ze słabymi popielatymi naciekami rdzawo-żelazistymi (gley). Poniżej znajduje się woda gruntowa.

System korzeniowy wilczej jagody tak z naturalnych, jak i sztucznych stanowisk jest potężnie rozwinięty. Korzeń główny palowy i boczne korzenie mają kształt walcowaty. Korzenie są silnie rozgałęzione, najmłodsze i najcieńsze prawie przezroczyste, bardzo delikatne. Korzeń palowy u starszych okazów bardzo silny i gruby (ryc. 5).

Na przekroju poprzecznym najcieńszych korzonków (ryc. 6) widzimy miękisz korowy dwu- lub trójwarstwowy. Najbardziej zewnętrzna war-



Ryc. 6. *Atropa belladonna*. Przekrój poprzeczny mykoryzy endotroficznej typu tamniskofagicznego. Rysunek schematyczny. A — egzoderma; B — arbuskule wewnątrz komórki miękiszu; C — epiderma; D — perycykl; E — naczynia; F — zdrowe strzępki grzyba.

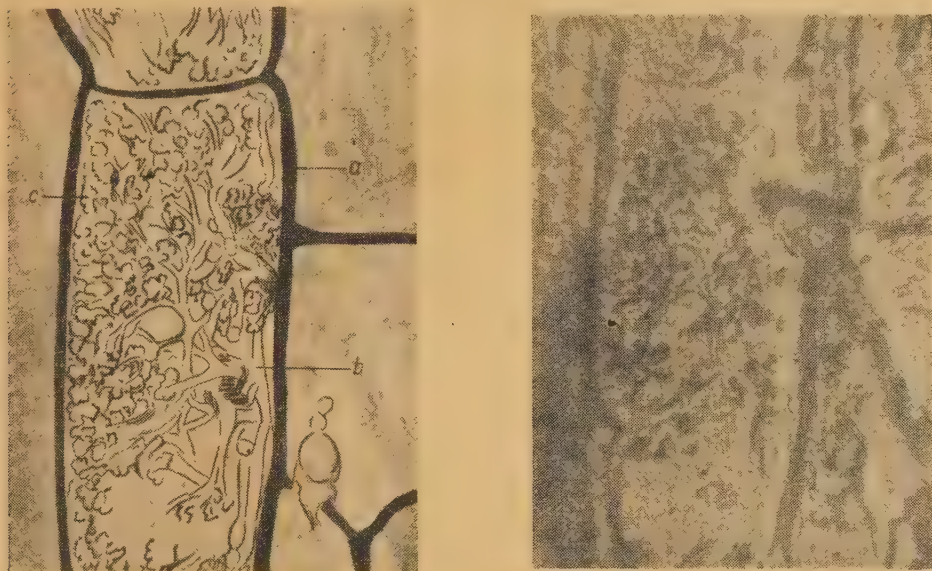
stwa kory, egzoderma, składa się z komórek bardzo dużych, wielobocznych, o konturach tępych i błonach nieco pofalowanych w kierunku stycznym. Pod egzoderma znajduje się 2—3 warstwy miękiszu korowego, składające się z komórek parenchymatycznych, wielobocznych o zarysie łagodnym, zaokrąglonym, o błonach cienkich, pofalowanych. Występują tu dość duże przestwory międzykomórkowe. W zewnętrznej warstwie komórek miękiszu są dość duże strzępki grzyba bez przegród poprzecznych, bezbarwne, cienkie, przeważnie kształtu kielbasek o grubości 4—11 μ . Oprócz tego trafiają się w tej warstwie również nadtrawione strzępki.

W najbardziej wewnętrznej warstwie miękiszu korowego, przylegającej do endodermy, w komórkach owalnych znajdują się skupienia ziarnistej substancji żółtawej barwy. Są to komórki fagocytowe, które trawią strzępki grzyba. Endo-

derma nie jest atakowana przez strzępki. Jest to typowa mykoryza endotroficzna.

Centrum przekroju zajmuje walec osiowy, odgraniczony od kory endoderma złożoną z wielobocznych komórek ściśle do siebie przylegających, o błonach niezgrubiałych. Za endoderma zalega jednowarstwowy cienkościenny perycykl. W samym środku walca osiowego znajdujemy przeważnie dwie wiązki naczyniowe i dwie sitowe.

Budowa anatomiczna korzeni u wszystkich badanych okazów jest taka sama, natomiast strzępki wewnątrz komórek korzeni różnych okazów mają niejednolity charakter. Nasuwa się przypuszczenie, że różne gatunki grzybów wchodzą tu we współżycie.



Ryc. 7a. *Atropa belladonna*. Przekrój podłużny mykoryzy endotroficznej typu tamniskofagicznego. Zdjęcie uzupełniono rysunkiem spod mikroskopu celem uwydatnienia struktury organelli wewnątrzkomórkowych; a — błona komórkowa rośliny zielonej; b — strzępki grzyba (główne pnie drzewinki); c — spongiorangiole powstające jako ostatnie rozgałęzienie drzewinki (arbuskuli).

Ryc. 7b. Jak ryc. 7a, lecz bez „retuszu“, więc widać tylko część szczegółów

Komórki trawienne (fagocytowe) przeważnie wykazują twory grzybowe podobne do rozgałęzionych silnie drzewek (ryc. 7), które nazywamy arbuskulami. Jest to cechą charakterystyczną mykoryzy tamniskofagicznej.

Rzadziej trawione są kłębuszki strzępek (ryc. 8) charakterystyczne dla mykoryzy tolypofagicznej (częstsze w warunkach nienaturalnego środowiska).

Korzenie mykotroficzne stanowią bardzo duży procent ostatnich rozgałęzień systemu korzeniowego wilczej jagody.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Praca moja trwała pięć lat. Pierwsze zbiory i obserwacje w Rościszowie wykonałam w 1949 r. Potem stopniowo poszerzałam „uprawy“ i zbiory. Wynikiem tej pracy jest syntetyczna tabela, w której dane o ilości atropiny w poszczególnych wariantach doświadczeń są średnimi z kil-

T a b e l a 1
Analiza chemiczna gleb
Analizę gleby wykonała Stacja Chem. Roln. IUNG.

1	2	3	4	5	6	7	8
Stanowisko	Typ gleby	Odczyn gleby pH	N amoniakalny w mg na 100 g gleby	N azotanowy w mg na 100 g gleby	P ₂ O ₅ wg Engera w mg na 100 g gleby	K ₂ O wg Engera w mg na 100 g gleby	Substancji organicznej w %
Rościszów Sowie Góry	Gleba górska na zwietrzeli- nie gnejsów	4,2- 5,1	1,22-2,26	1,50-2,82	0,9-7,7	15-39	4,4-7,1
Ogród Bot. Wrocław	Gleba lekko gliniasta na piasku	5,3-6,2	0,89-1,83	1,50-1,93	17,3-20,0	9,0-10,0	3,3-3,0
Biskupin Wrocław	Gleba piaszczysto-gliniasta średnio zbielicona na glinie oglejonej	5,9	1,60	0,24	10,2	4,0	1,7

ku analiz. Ilość ta podana jest w procentach obliczonych w stosunku do suchej masy liści.

Rubryki omawiające mykotrofizm zawierają wyniki badań kilkuset korzeni.

Porównując dane zawarte w tabeli 2 musimy traktować je rozmaicie: dane z Rościszowa i Ogrodu Botanicznego we Wrocławiu trzeba traktować jako dane orientacyjne, natomiast doświadczenia na Biskupinie dają materiał porównawczy.

1. Wilcza jagoda na stanowisku naturalnym w górach zawiera prawie stałą ilość atropiny, wahającą się od 0,25—0,54%.

2. Wilcza jagoda uprawiana na stanowiskach nienaturalnych zawiera atropiny od 0,26—0,59%.

3. Z obu powyższych punktów wynika, że uprawa wilczej jagody nie wymaga specjalnej troski. Ilość bowiem atropiny w sztucznej uprawie nawet się zwiększa.

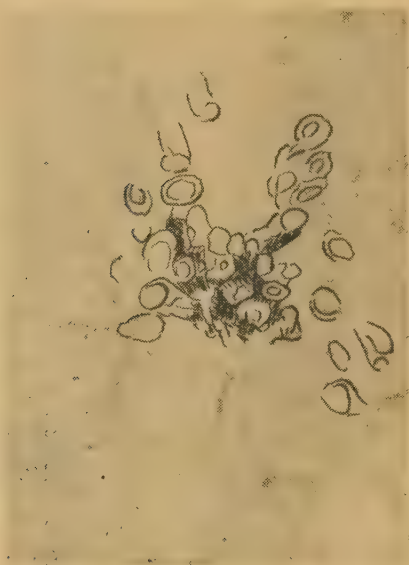
4. Nikłe różnice otrzymane w doświadczeniach, dotyczące zawartości atropiny w różnych porach zbioru, nie pozwalają na wyciąganie wiążących wniosków.

Tabela 2
Zestawienie wyników badań

Rościszów — Sowie Góry		Ogród Botan. — Wrocław		Biskupin — Wrocław	
Pod okapem leśnym	Pod koroną dębu	Na pełnym słońcu		Na pełnym słońcu	Na pełnym słońcu
	Gleba szczepiona	Gleba nie szczepiona		Gleba szczepiona	Gleba nie szczepiona
Rośliny wieloletnie	Rośliny 1—3-letnie sadzone i siane	Rośliny 1-roczone siane			
	Suszone na strychu i w suszarce przy 50°C.	Suszone w suszarce przy 50°C.			
Mykoryza tamniskofagiczna	Mykoryza tamnisko-fagiczna	Mykoryzy brak		Mykoryza gliczna	Mykoryza tolypofagiczna
		Zawartość % alkaloidów w czerwcu			
0,25 — 0,50		0,54	0,58	0,54	0,30
		Zawartość % alkaloidów we wrześniu			
0,26 — 0,54		0,29 — 0,46	0,26 — 0,51	0,31 — 0,59	0,28 — 0,51
W warunkach naturalnego rozwoju wahania % alkaloidów są minimalne	Wpływ słońca i koncentracji roztworów glebowych wydaje się lekko zwiększać zawartość alkaloidów. Brak symbiozy wydaje się również zwiększać % alkaloidów	Wpływ grzybów, które w pierwszym stadium tworzą mykoryzę identyczną, lecz o różnej wartości, biologicznej. Mogą tu również działać inne czynniki przeniesione z warstwą A ₁ z lasu, np. rozp. próchnica.			

5. Tylko w jednym wypadku, na poletku w Ogrodzie Botanicznym, wilcza jagoda obywatła się bez współżycia z grzybami.

6. W warunkach naturalnych zespołów górskich wilcza jagoda tworzy zawsze obfitą mykoryzę endotroficzną typu tamniskofagicznego.



Ryc. 8. *Atropa belladonna*. Przekrój poprzeczny przez mykoryzę tolypofagiczną. Twór sklerotoidalny wewnątrz komórki miękiszowej. O takich sklerotach są wzmianki w pracach T. Dominika



Ryc. 9. *Atropa belladonna*. Podretuszowany fragment komórki fagocytowej z trawionym kłębuszkiem strzępek. Mykoryza tolypofagiczna pow. ca 400 ×

7. W warunkach uprawy może tworzyć zarówno mykoryzę tamniskofagiczną, jak i tolypofagiczną.

8. Szczepienie gleby wziętej pod uprawę wilczej jagody glebą wziętą spod naturalnego zespołu z wilczą jagodą gwarantuje mykotroficzne odżywianie tej rośliny, lecz nie zwiększa wydajnie zawartości atropiny. Wyniki zresztą bywają sprzeczne. Na Biskupinie gleba szczepiona dała wilczą jagodę bogatszą o 0,24% atropiny w porównaniu z nie szczepioną, podczas gdy w Ogrodzie Botanicznym wilcza jagoda autotroficzna wykazała większy procent atropiny niż mykotroficzna.

9. W doświadczeniach może wpływać jeszcze na wyniki domieszka samej gleby leśnej zawierająca rozpuszczalną próchnicę. Jednakże nie widać tego w doświadczeniu w Ogrodzie Botanicznym.

10. Nawet w glebie nie szczepionej wilcza jagoda znajduje symbiotyczne grzyby. Początkowe obniżenie % atropiny w takim wypadku w stosunku do gleby szczepionej może wskazywać na niedopasowanie się sym-

biontów lub na walkę, która jednak daje wynik korzystny dla rośliny, bo w rozwoju nie widać różnicy, a w jesieni już 0% atropiny jest prawie równy.

11. Ogólny wniosek praktyczny z mych doświadczeń brzmi, że nie trzeba dbać o symbiotyczne grzyby dla upraw wilczej jagody, gdyż rozwija się ona równie dobrze z przygodnie spotkanymi symbiontami i daje równie wartościowy plon. Stanowisko nasłonecznione wydaje się wpływać korzystnie na 0% atropiny.

Niech mi wolno będzie na tym miejscu wyrazić najgłębszą wdzięczność prof. drowi inż. Tadeuszowi D o m i n i k o w i za kierownictwo naukowe tej pracy.

Zakład Fitopatologii i Mykologii WSR
we Wrocławiu

(Wpłynęło dn. 5.VII.1954 r.)

S U M M A R Y

The author studied the mycotrophy and the atropine content in the leaves of *Atropa belladonna* growing on natural habitats and cultivated by her during 5 years (1949—53) in various conditions of development.

The results and conclusions of the work are as follows:

1. The amount of atropine in the leaves of *Atropa belladonna* growing on its natural mountain habitats (in Piceetum associations of Sowie Góry in Silesia) is nearly constant. It is from 0.25—0.54%. For the plants cultivated in Wrocław it was found 0.26—0.59%.

2. No remarkable influence of the time of crop and of the chemical soil properties on the atropine contents was found by the author. It seems that the presence of assimilable phosphorus in a greater amount causes a slight increase of the atropine content.

3. In natural conditions of mountain associations *Atropa belladonna* develops always an abundant endotrophic mycorrhiza of the thamniscophagic type. Cultivated plants developed the thamniscophagic or tolypophagic type of mycorrhiza. Cultivated specimens of *Atropa belladonna* showed no symbiosis with fungi in one case only.

4. Inoculation of soil used for cultivation of *Atropa belladonna* with the soil taken from the natural association of this plant secures its mycotrophic condition, but the content of atropine does not increase. The results were, however, different. Plants cultivated on inoculated soil in the quarter of Wrocław called „Biskupin“ showed a greater amount of atropine than those growing on not inoculated soil, whereas autotrophic specimens of *Atropa belladonna* cultivated in the Botanical Garden of Wrocław showed a greater percentage of atropine than those with mycorrhiza.

5. Soluble humus present in the forest-soil used for inoculation did not influence evidently the result of the author's experiments, though such an influence was theoretically possible.

6. *Atropa belladonna* finds symbiont fungi even in not inoculated soil. An initial decrease of alcaloid percentage in such a case in comparison with plants growing on inoculated soil may indicate the lack of accommodation of the symbionts, perhaps a fight, which ends positively for the higher plant, because the development is similar and the percentage of alcaloids in the autumn nearly the same.

7. *Atropa belladonna* develops equally well with accidentally met symbionts as with natural ones and gives equally valuable crops. Sunny habitats seem to influence positively the percentage of alcaloids.

L I T E R A T U R A

- A s a i T., 1934, Über das Vorkommen und die Bedeutung der Wurzelpilze in den Landpflanzen, „Japanese Journal of Botany“, Tokio.
- B e k i e t o w s k i j D. N., 1932, K biologii żółtoj belladonna, Trudy siewiero-kawkazskiego instituta spieczjalnych i tiechnicznych kultur.
- B o r k o w s k i B., 1952, Zarys farmakognozji, Surowce o budowie tkankowej, Warszawa.
- B l i n o w s k i j i S z a ł y t., 1944, Dikorastuszczaja-belladonna w Zapadnom Kopet-Dage, Trudy Turkm. filiała Akad. Nauk SSSR, 8, 5, s. 260, 263.
- B u r g e f f H., 1943, Problematik der Mykorrhiza, „Die Naturwissenschaften“, Jhrg. 31.
- D o m i n i k T., 1951, Mykorrhiza, Warszawa.
- F r y d m a n I., 1954, Mykotrofizm ziemniaków uprawnych, „Postępy Nauki Roln.“.
- G o n c z a r o w a G., 1946, Tretij god kultury *Atropa belladonna* w Tomskie, Nowyje lekarstwiennyje rastienja Sibiri i ich leczebnyje prieparaty w II, Tomsk.
- G u s i n i n J. A., 1951, Toksikologia jadowitych rastienij, Moskwa.
- H e g i A., 1929, Illustrierte Flora von Mittel-Europa Bd. IV, München.
- K e l l e y A., 1952, Mykotrofja u rastienij, Moskwa.
- J a c z e w s k i A., 1943, Osnowy mikologii, Moskwa.
- M a g r o u P., 1940, Sur la culture de quelques champignons de mycorrhizes à arbuscules et à vesicules, „Revue Générale de Botanique“ (odbitka autorska).
- M o t y k a J. i P a n y c z., 1936, Rośliny lecznicze i przemysłowe w Polsce, Lwów-Warszawa.
- M u s z y ń s k i J., 1946, Uprawa i zbiór roślin leczniczych, Łódź.
- O s t a n k o w i c z A. H., 1931, Kultura belladonna (*Atropa belladonna*) w uślaw-jach BSSR, Informacionnyj Biulleten „Lektechsyre“, nr 3—7.
- P a r e n k o H., 1946, Kultura belladonna, Lekarstwiennoje rastienjewodstwo 32, s. 16, Łubny.
- P i e c h o t o F. O., 1934, Belladonna, Trudy „Wiłar“ T. II, Simferopol. s. 64.
- K o s i b a H., 1953, Prace Zakładu i Obserwatorium Meteorologii i Klimatologii Uniwersytetu i Politechniki we Wrocławiu, Wrocław.
- S a r a j e w a P. I., 1952, Kultura lekarstwiennych rastienij, „Wiłar“, Moskwa.
- S c h a e d e R., 1943, Die pflanzlichen Symbiosen, Jena, G. Fischer.

- S c h u b e T., 1903, Die Verbreitung der Gefäßpflanzen in Schlesien, Schl. Gesell. f. vaterländische Kultur, Breslau.
- S i e v e r s E., 1953, Untersuchungen über die Mycorhizen von Allium- u. Solanum-Arten, „Archiv f. Mikrobiologie“ Bd. 18, s. 289—321.
- S z w e j k o w s k i L., 1950, Rośliny lecznicze występujące w stanie dzikim, Kraków.
- Z a r u b i n a M. P., 1941, Bełladonna, Moskwa.
- Z i e m l i n s k i j S. E., 1949, Lekarstwiennyje raštienija SSSR, Moskwa.

Prace wstępne nad produkcją triploidalnych buraków cukrowych (*Beta vulgaris* L. v. *saccharifera*)

Preliminary experiments in producing triploid sugar beets

M. PIOTROWICZ

WSTĘP

W 1950 roku Stacja Selekcji Roślin w Górcie Narodowej koło Krakowa zaplanowała w ramach prac hodowlanych uzyskanie triploidalnych typów buraków cukrowych. Buraki cukrowe, będące powszechnie w uprawie, są diploidami. Liczbę chromosomów $2n = 18$ dla rodzaju *Beta* ustalił W i n g e (1917), a następnie K u ź m i n a (1927). Badania cytologiczne nad hodowanymi w Polsce burakami cukrowymi przeprowadzała P r y w e r (1931).

Triploidalne typy ($2n = 27$) odznaczają się w stosunku do diploidów zwiększonymi rozmiarami korzenia przy równoczesnym utrzymaniu dobrego procentu cukru, co jest ważne dla uzyskania wyższych plonów z hektara. Wielkość korzeni tetraploidów ($2n = 36$) odpowiada w przybliżeniu wielkości korzeni form diploidalnych (tabl. I, fig. 9—11). Triploidalne formy nie dają się rozmnażać z nasion ze względu na prawie całkowitą bezpłodność i niejednolite potomstwo. Wyhodowanie ustabilizowanego typu triploidalnego jest zatem niemożliwe. Triploidalne nasienie buraków cukrowych należy produkować każdorazowo na drodze krzyżowań tetraploidów z diploidami.

W pierwszym etapie pracy chodziło o uzyskanie tetraploidów jako materiału hodowlanego, z którego stale na drodze krzyżówek z diploidami będzie się produkowało triploidy. Nasiona triploidalne otrzymano po raz pierwszy na tej drodze w Górcie Narodowej jesienią 1953 r. Praca nad otrzymaniem form triploidalnych obejmowała następujące etapy:

- 1) eksperymenty nad podwyższaniem liczby chromosomów,
- 2) analiza cytologiczna otrzymanych typów,
- 3) przygotowanie materiału do krzyżówek,
- 4) przeprowadzenie krzyżówek pomiędzy diploidami a tetraploidami.
- 5) sprawdzenie wyników krzyżówek.

EKSPERYMENTY NAD PODWYŻSZANIEM LICZB CHROMOSOMÓW

Jak wiadomo, podwyższanie liczb chromosomów u roślin daje się osiągnąć bodźcami różnego typu, np. działaniem substancji chemicznych, szoków termicznych, naświetlaniem promieniami Roentgena.

W celu uzyskania poliploidalnych buraków cukrowych na Stacji Selekcji Roślin w Górcie Narodowej poddano materiał działaniu kolchicyny. Stosowano tu kilka metod. Traktowano roztworami kolchicyny siewki buraków, główki wysadków, jak również pędy kwiatowe.

1. Kolchicynowanie siewek. Młode roślinki w okresie wschodów kolchicynowano w szklarni. Na stożki wzrostu między małymi jeszcze liśćmi dawano kroplę roztworu wodnego kolchicyny o stężeniu 0,2—0,5 procent. Stosowano również opryskiwanie roślinek w stadium dwóch liści 0,2 procentowym roztworem wodnym kolchicyny. Jako rezultat tych zabiegów otrzymano kilka okazów, które cechowała postać karłowata, liście silnie pomarszczone, bardziej mięsiste niż u diploidalnych form kontrolnych. Komórki szparkowe tych form były 2—3 razy większe niż u diploidów, co wskazywało na wysoki stopień poliploidalności w badanych tkankach. Jednakże zmiany dotyczyły tylko zewnętrznych tkanek i były zmianami nietrwałymi. W następnych liściach wyraźnie malała ilość grup komórek poliploidalnych i zaznaczał się powrót do typu diploidalnego. Okazy te zginęły w pierwszym sezonie wegetacyjnym.

2. Kolchicynowanie wysadków. Przed rozwojem pędów stosowano smarowanie główek wysadków 1% i 2% roztworem kolchicyny w agarze (wg metody duńskiej). Jednakże i ta metoda nie dała pozytywnych rezultatów.

3. Kolchicynowanie pędów kwiatowych. Stosowano tu dwie metody: a) opryskiwanie młodych pączków kwiatowych w okresie mejozy 0,2% roztworem kolchicyny, b) zanurzanie na trzy dni szczytowych części pędów (wg metody stosowanej w Svalöf) w 2% roztworze wodnym kolchicyny, umieszczonym w probówce; wszystkie inne rozgałęzienia odnośnych pędów obcinano. Część pędu, która była zanurzona w płynie, zazwyczaj ginęła, jednakże z pączków poniżej części kolchicynowanej rozwijały się nowe pędy kwiatowe. Powstałe z tych pędów kwiaty zawierały pewien procent nasion poliploidalnych.

Powyższe zabiegi wykonane zostały latem 1951 i 1952 roku przez dra A. Bajera i mgra J. Fieduszo.

ANALIZA CYTOLOGICZNA UZYSKANYCH TYPÓW

W początkowym okresie mojej pracy, w roku 1952, otrzymane próbki nasion buraków cukrowych wysiałam na bibule na szalkach Petriego w celu otrzymania z nich korzonków do badań cytologicznych. Stwier-

dziłam, że w materiale tym występuje pewna ilość roślin poliploidalnych (triploidy i tetraploidy). Wobec tego wiosną 1952 roku otrzymane nasiona wysiano w pólku selekcyjnym jako materiał do selekcji metodą cytologiczną. Jesienią 1952 roku rozpocząłam prace nad określaniem liczby chromosomów w otrzymanych z wyżej wymienionych nasion korzeniach buraków cukrowych.

Metody. Dla orientacji początkowo posługiwałam się rozmazami robionymi na młodych liściach metodą nigrozynową wg Rosena oraz metodą aceto-karminową lub orceinową wg Rosena na stożkach wzrostu korzonków.

W toku pracy wyłoniły się znaczne trudności. Wielkość chromosomów w obrębie jednego typu kariologicznego wykazuje znaczne wahania, częstym zjawiskiem było łączenie się długich chromosomów oraz stłaczanie się ich w płytce, co utrudniało liczenie. Szczególną trudność jednak nastroczało zjawisko spontanicznego występowania podwojonych liczb chromosomów w pewnych partiach korzeni.

Ponieważ selekcjonowany materiał miał być następnie użyty do rozmnożeń i do krzyżówek, sprawą pierwszorzędnej wagi stało się dla nas, aby liczby chromosomów były ustalane z całkowitą dokładnością, czego stosowane metody rozmazów nie gwarantowały. Pomimo iż metoda rozmazów jest szybsza, gdyż przy dużej wprawie — jak podaje R o s e n — mogła skrócić pracę do 5 razy, konieczne było przejście w tej serii prac na metody robienia trwałych preparatów mikrotomowych, dających ciągle serie skrawków.

Wysadki buraczane, przeznaczone do badań cytologicznych, przechowywano w kopcu. Począwszy od grudnia przenoszono je partiami (po 20 do 30 sztuk) do pomieszczenia o temperaturze około 18°C i sadzono w wilgotnym piasku. Po 7 do 10 dniach wzdłuż bruzd pojawiały się korzonki. Utrwalano je po osiągnięciu 0,5—1 cm długości.

Wielkie ułatwienie przy określeniu typu chromosomowego dawało stosowanie szoków termicznych (oziębienie korzonków) przed utrwaleniem. Dzięki tej metodzie osiągałam znaczne kurczenie się chromosomów, co ułatwiało liczenie. Przez utrwalaniem, dla osiągnięcia skurczenia się chromosomów, rośliny poddano wtórnemu oziębieniu przez umieszczenie ich na 2—3 godziny na balkonie (-1° — $+2^{\circ}$), lub w zimnej wodzie bieżącej ($+2$ — $+5$). Jeśli zabieg trwał krócej, silne skurczenie chromosomów następowało tylko w zewnętrznych warstwach korzonków. Wyniki stosowanych zabiegów przedstawione są na załączonych rysunkach (fig. 1—6) oraz mikrofotografiach (tabl. II, fig. 12, 13, 14).

Największą ilość metafaz znajdowałam w materiale utrwalanym między 11—13 godziną zimą, a 10—12 godziną wiosną i latem.

Do utrwalania stosowałam rozcieńczony wodny utrwalacz Navashina. Odwadniałam część materiału alkoholem etylowym, część zaś dioxanem.

co znacznie przyspieszało proces zatapiania w parafinie. Skrawki o grubości $10\ \mu$ barwiłam fioletem gencjanowym wg metody Newtona.

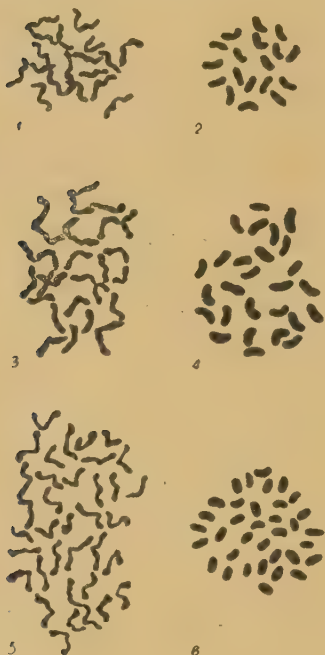


Fig. 1—6. Metafazy somatyczne ze stożków wzrostu korzonków buraków cukrowych, 1, 2 — płytki diploidalne; 3, 4 — triploidalne; 5, 6 — płytki tetraploidalne, 2, 4, 6 — chromosomy skurczone wskutek oziębienia. Pow. $3700\times$ Root-tip metaphases of the three chromosomic types of sugar-beets, 1, 2 — of diploids 3, 4 — of triploids, 5, 6 — of tetraploids; in 2, 4, 6 the chromosomes are notably shortened after cooling ($3700\times$)

Liczbę chromosomów ustalałam dla każdego osobnika na podstawie sześciu płytek metafazowych. Otrzymane wyniki sprawdzałam następnie jeszcze na 6—8 korzonkach tej samej rośliny.

W pracy posługiwałam się następującą optyką: okular Zeissa $10\times$, obiektyw immersyjny Zeissa $90\times$. Rysunki wykonałam spod aparatu rysunkowego Zeiss-Abbe. Mikrofotografie wykonałam przy tej samej optyce. Powiększenia podane są pod odnośnymi figurami.

Wyniki analizy cytologicznej korzeni buraczanych. Praktycznym celem moich badań było wychwycenie jak największej ilości tetraploidalnych korzeni buraków, których część przeznaczona była na rozmnożenie i uzyskanie większej ilości nasion tetraploidalnych, część zaś potraktowano jako materiał do próbnych krzyżówek z diploidami.

Zimą 1952/53 roku oraz 1953/54 roku przebadalam łącznie 353 korzenie buraków cukrowych. Znalazłam w tym materiale 83 diploidy, 188 triploidów, oraz 82 tetraploidy (tabela 1, fig. 9—11).

Należy zaznaczyć, że na podstawie zestawienia w tabelce 1 nie można wyciągać wniosków co do procentu występowania poszczególnych typów chromosomowych w badanym materiale, gdyż po stwierdzeniu

niuzależności między typem chromosomowym z jednej strony a kształtem i wielkością korzenia z drugiej, usiłowałam wybierać do badań cytologicznych tylko te formy, które przypuszczalnie stanowiły typ 36 chromosomowy. Niewątpliwie materiał badany zawierał o wiele więcej triploidów, natomiast występowanie tetraploidów było stosunkowo rzadsze.

W badanym materiale nie spotkałam ani razu form aneuploidalnych, często występujących po traktowaniu roślin promieniami Roentgena. Stwierdzenie tego faktu ułatwiło i przyspieszyło dalsze badania cytologiczne.

Tabela 1
Zestawienie typów chromosomowych w drugorocznym materiale

Typ chrom.	Ilość osobników poszczególnych typów	Ilość okazów wykazujących podwojenie 1. chrom.	%
Diploidy $2n=18$	83	5	6,0
Triploidy $2n=27$	188	3	1,6
Tetraploidy $2n=36$	82	1	1,2
Łącznie ilość przebadanych okazów	353	9	2,6

Stosowanie metody cytologicznej do określenia typu chromosomowego jest pracą bardzo długą i żmudną, nie dającą się zastosować na szerszą skalę. Dlatego dla selekcji materiału hodowlanego ważna byłaby możliwość powiązania poszczególnych typów chromosomowych z dającymi się łatwo stwierdzić cechami anatomicznymi, morfologicznymi czy fizjologicznymi, występującymi w pierwszym roku wegetacji. Najczęściej używanymi kryteriami jest pokrój rośliny, wielkość komórek (praktycznie bierze się pod uwagę wielkość komórek szparkowych lub średnicę ziarn pyłku). Na tej zasadzie można materiał orientacyjnie posegregować na grupy i przebadać cytologicznie tylko okazy przedstawiające domniemany typ tetraploidalny. Próbowalam powiązać stopień poliploidalności buraków cukrowych z następującymi cechami: a) szybkością kiełkowania, b) pokrojem rośliny, c) wielkością komórek szparkowych, d) kształtem komórek skórki liścia, e) pokrojem rośliny.

a) Nieznaczną różnicę w szybkości kiełkowania nasion poszczególnych typów chromosomowych można było zauważyć na wysianych w pracowni na szalkach Petriego kłębkach buraczanych. W temperaturze 20°C kiełkowanie jest szybkie i rozpoczyna się u diploidalnych form już na trzeci dzień. Triploidy i tetraploidy kiełkują o pół lub o jeden dzień później niż diploidy. Różnica kiełkowania między tri- a tetraploidami jest bardzo nikła. Tendencję do wcześniejszego kiełkowania wykazują raczej kłębki triploidalne. Na tej zasadzie można tylko orientacyjnie stwierdzić w badanym materiale obecność form diploidalnych. Różnice szybkości kiełkowania nie mogą zatem służyć za kryterium odróżnienia typów tri- i tetraploidalnych (tabela 2).

b) Następną praktycznie ważną cechą, związaną z liczbą chromosomów, jest morfologia korzenia. Triploidalne formy odznaczają się zwiększonymi wymiarami i znaczną grubością korzenia, natomiast korzenie zarówno diploidów, jak i tetraploidów są mniejsze, znacznie wydłużone. Na

Tabela 2
Wyniki rozmnożeń i krzyżówek

Materiał wyjściowy	Początek kiełkowania	% kiełkowania	Ilość okazów przeanalizowanych cytologicznie	L. chrom. (2n)			Uwagi
				18	27	36	
Tetraploidy w izolacji	po 4 dniach	44	18	—	—	18	Nasiona duże, wyrównane
Triploidy w izolacji	4	5	8	6	2	—	Duża rozpiętość w wielk. nasion
Diploidalne rośliny z podwojeniami	4	45	7	5	1	1	Możliwość krzyżowania obu typów, które rosły razem w szklarni
Tetraploidalne rośliny podwojeniami	4	38	8	1	6	1	
Tetrapl. X dipl. PLR	4	50	16	—	16	—	Równoczesne wytwarzanie pędów kwiatowych u obu roślin
Dipl. PLR X tetrapl.	3	60	12	12	—	—	
Dipl. CLR X tetrapl.	3	60	10	7	3	—	wcześniejszy rozwój pędów kwiat. u tetrapl.
Dipl. MLR X tetrapl.	4	50	8	7	1	—	
Dipl. NPLR X tetrapl.	2	75	12	12	—	—	

podstawie pokroju trudno te dwa typy od siebie odróżnić (tabl. I, fig. 9—11).

Jak zaznaczyłam już poprzednio, przeprowadzona przeze mnie selekcja miała na celu wychwycenie osobników tetraploidalnych. Opierając się na powyższych różnicach, z mieszaniny typów odrzuciłam większość osobników triploidalnych, co pozwoliło na szybsze znalezienie tetraploidów wśród pozostałych roślin. W pierwszych partiach użytych do badań—bez uprzedniej eliminacji domniemanych triploidów—otrzymywałam trzy, dwa, a czasem jeden tetraploid na dwadzieścia badanych roślin. W ostatnich partiach, w których uwzględniałam korelację kształtu korzenia z liczbą chromosomów odrzucając domniemane triploidy, doszłam do ośmiu tetraploidów na dwadzieścia osobników.

c. d. e) Pokrój rośliny, kształt komórek, wielkość komórek szparkowych nie okazały się tu dobrymi kryteriami do identyfikowania typów chromosomowych. Pozostaje to na pewno w związku z faktem, że po prze-

kroczeniu triploidalnej liczby chromosomów, która odpowiada najbujniejszemu typowi rośliny, nie następuje dalsze zwiększanie się bujności, a nawet przeciwnie — daje się obserwować jej spadek.

W drugim roku wegetacji uchwycono cechę wykazującą wyraźną współzależność z liczbą chromosomów. Jest nią długość średnicy ziarn pyłku. Analiza morfologiczna pyłku pochodzącego z diploidalnych, triploidalnych i tetraploidalnych form pozwoliła stwierdzić różnice w wielkości oraz w procencie wykształcenia płodnych ziarn. Zarówno diploidy,

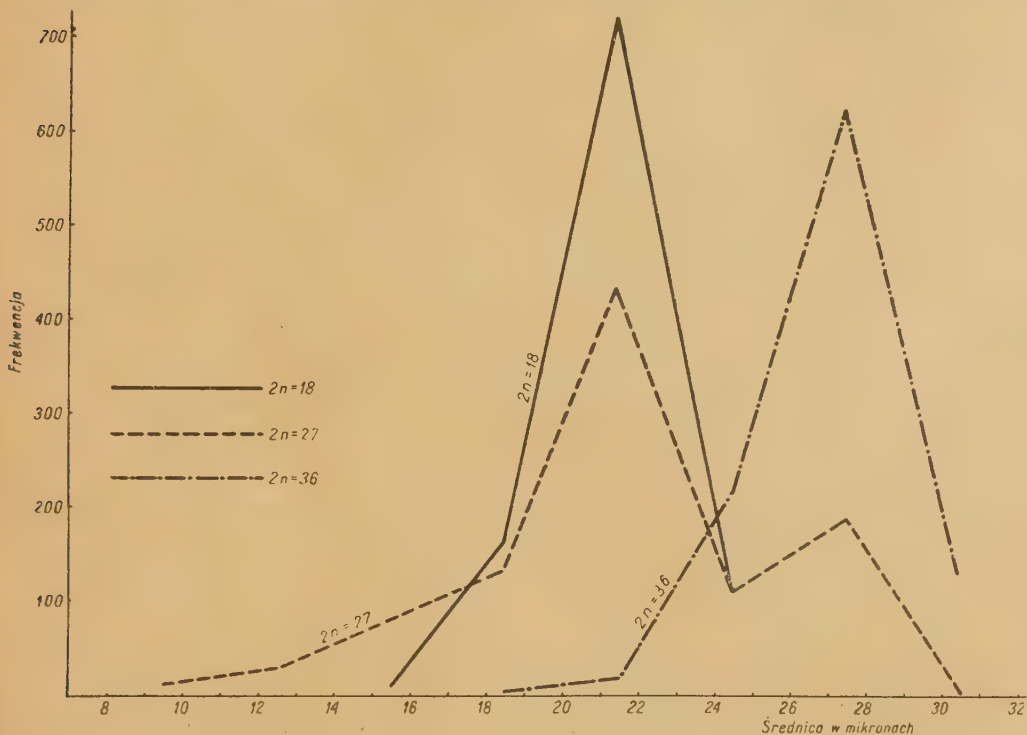


Fig. 7. Wykresy średnicy ziarn pyłku u trzech typów chromosomowych
Graphs of pollen-diameters of the three chromosomic types

jak i tetraploidy mają pyłek dobrze wykształcony, prawie całkowicie płodny, w obrębie typu chromosomowego jednolity. Oba te typy chromosomowe wyraźnie różnią się między sobą wielkością (tabl. II, fig. 7). Średnia arytmetyczna (M) pyłku haploidalnego, pochodzącego z diploidalnych form buraków cukrowych, wynosi $19,6\mu$, a wahania leżą w granicach $14-26\mu$. Jak wykazuje wykres, wartość modalna (M_o) wynosi $21,5\mu$.

Pyłek diploidalny tetraploidów wykazuje skalę wahań od 14 do 32μ . Średnia arytmetyczna (M) wynosi $27,2\mu$. Wartość modalna (M_o) wynosi $27,5\mu$.

Natomiast pyłek pochodzący z okazów triploidalnych jest w przeważnej części zdegenerowany. Pod mikroskopem widać — szczególnie wyraź-

nie po zabarwieniu aceto-karminem — liczne ziarna zniekształcone, bez żywej treści. Ziarna płodne są nieliczne, charakteryzują się dużą rozpiętością wielkości, średnica ich waha się w granicach 14—32 μ . Skala zmienności ziarn zdegenerowanych wynosi 8—32 μ . Różnica w wielkości ziarn pyłku i ich płodności może być zatem wykorzystana w celu odróżnienia form diploidalnych, triploidalnych oraz tetraploidalnych buraków cukrowych (tabela 3, fig. 7, 8).

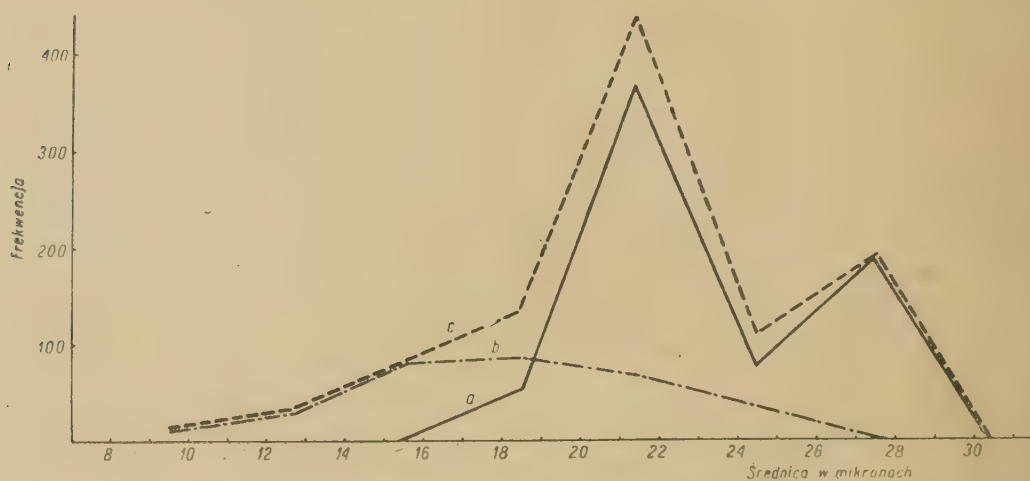


Fig. 8. Wykresy średnicy płodnych (a) i bezpłodnych (b) ziarn pyłku triploidalnych buraków cukrowych (c — wykres ogólny)
Graphs of diameters of viable (a) and sterile (b) pollen grains of triploid sugar beets; c — total graph

Odróżnienie form poliploidalnych na podstawie analizy morfologicznej ziarn pyłku jest szybkie, łatwe i dość pewne. Dzięki temu metodę tę można będzie zastosować praktycznie przy ostatecznym sprawdzaniu materiału wyjściowego buraków, branych z rozmnożeń tetraploidów do krzyżówek z diploidami.

Zaznaczam, że wielkość ziarn pyłku nie jest wielkością stałą. Zależy ona od koncentracji płynu, w którym analizujemy (gliceryna, aceto-karmin), oraz czasu, w jakim badamy pyłek od chwili włożenia go do danego środowiska. Pomiarów dokonałam na preparatach w glicerynie.

Reasumując wyżej wymienione zależności stwierdzić trzeba, że jedyną całkowicie pewną metodą oznaczania stopnia poliploidalności korzeni buraków cukrowych, jest analiza cytologiczna. Metodę pomocniczą

Tablica I.

Fig. 9—11. Fotografie korzeni buraków cukrowych. 9 — typ diploidalny; 10 — typ triploidalny; 11 — typ tetraploidalny. Ok. 1/5 wielk. naturalnej

Plate I.

Fig. 9—11. Photos of roots of sugar-beets: 9 — of diploids, 10 — of triploids, 11 — of tetraploids, c. 1/5 nat. size



TABLICA I — PLATE I

Tabela 3
Zestawienie średnicy ziarn pyłku diploidów, triploidów i tetraploidów

Nr rośli- ny	Typ chrom. (2n)	% płod- ności	Średnica ziarn pyłku w mikronach								n	M
			8	11	14	17	20	23	26	29—32		
1	18				2	71	115	12			200	
2					1	18	156	25			200	
3						14	152	34			200	
4					2	19	155	24			200	
5					5	41	139	15			200	
Ogółem		100			10	163	717	110			1000	19,6
6a	27	płodne				16	96	25	47		184	
7a						1	55	27	50		133	
8a						8	100	14	57		179	
9a					1	15	85	1	22	2	126	
10a						12	30	10	11		63	
		Ogółem			1	52	366	77	187	2	685	
6b		zdegenerowane	2	5	4	2		2	1		16	
7b				8	7	18	24	10			67	
8b			1	2	4	9	2	3			21	
9b			7	8	20	18	11	10			74	
10b			5	8	46	37	32	9			137	
		Ogółem	15	31	81	84	69	34	1		315	
Ogółem		69	15	31	82	136	435	111	188	2	1000	
11	36				1	1	8	81	101	8	200	
12							4	28	137	31	200	
13					1	3	8	30	110	48	200	
14							3	42	130	25	200	
15								36	148	16	200	
Ogółem		99,4			2	4	23	217	626	128	1000	27,2

o dużej pewności, ale dającą się zastosować dopiero w drugim roku wegetacji, stanowić może badanie pyłku.

Jak wynika z tabeli 1. w przebadanym materiale buraków kolchicynowych stwierdziłam, że w tkankach dziewięciu korzeni buraków cukrowych sporadycznie występują grupy komórek o podwojonych liczbach chromosomów. Komórki z podwojoną liczbą chromosomów można było znaleźć w każdym z trzech typów chromosomowych. Najczęściej występowały one u form diploidalnych, przy czym u trzech osobników jako podwojenie kompleksu chromosomowego w całym korzonku diploidów, u dwóch innych zaś — w postaci grup komórek tetraploidalnych, rozsianych wśród tkanek diploidalnych.

Dalsze zjawiska podwajania kompleksów chromosomowych stwierdziłam u trzech okazów triploidalnych, u których wykryłam w korzonkach komórki heksaploidalne. Również u jednego okazu tetraploidalnego obserwowałam grupy komórek oktoploidalnych w dwóch jego korzonkach. Jak wykazuje tabela 1, częstość występowania uwielokrotnień zmniejsza się wraz ze stopniem poliploidalności. Partie o podwojonych liczbach chromosomów obejmowały stosunkowo niewielkie liczby komórek. W przeciwieństwie do dwuletnich korzeni buraków cukrowych, w korzonkach siewek nie znalazłam ani razu podwojonej liczby chromosomów.

PRZYGOTOWANIE MATERIAŁU DO KRZYŻÓWEK

Przebadany pod względem cytologicznym materiał przechowywano w kopcu aż do pory sadzenia. Diploidy kwitną o parę dni wcześniej niż tetraploidy. W celu wywołania równoczesnego zakwitania obu typów konieczne było wysadzenie tetraploidów do gruntu wcześniej lub przyspieszenie ich kwitnienia za pomocą wyższej temperatury w szklarni. Część wysadków buraków tetraploidalnych sadziłszy w całości, większe z nich kraciliśmy na pół.

PRZEPROWADZANIE KRZYŻÓWEK POMIĘDZY DIPLOIDAMI A TETRAPLOIDAMI

Okazy przeznaczone do krzyżowania sadzono w szkółkach grupami złożonymi z dwóch brzeżnych rzędów diploidów i jednego rzędu tetraploidów, umieszczonego pomiędzy nimi. Ponieważ burak jest wiatropylny, dla zabezpieczenia przed zanieczyszczeniem obcym pyłkiem stosowano izolację przestrzenną oraz izolację z konopi. W taki sposób utworzono warunki, w których oba typy chromosomowe miały znaczne szanse krzyżowania się między sobą.

Tetraploidy krzyżowaliśmy ze wszystkimi diploidalnymi typami naszej hodowli (CLR, PLR, MLR, NPLR). Nasiona z form diploidalnych i tetraploidalnych zebrano osobno.

Przygotowaniem i przeprowadzeniem krzyżówek zajmował się inż. K. S z o s t e k.

WYNIKI PRZEPROWADZONYCH ZABIEGÓW

Jesienią 1953 roku zebrano nasiona z krzyżówek i rozmnożeń buraków tetraploidalnych oraz tych okazów diploidalnych i tetraploidalnych, które wykazywały w swych tkankach podwojenia liczby chromosomów. Dla skontrolowania wyników metodą cytologiczną wysiałam nasiona na szalkach Petriego. Liczbę chromosomów ustalałam na podstawie podziałów w stożkach wzrostu korzeni, pochodzących bezpośrednio z kłąbów.

1) Wyniki krzyżówek:

Krzyżówki przeprowadzone między czterema formami diploidalnymi naszej hodowli (CLR, MLR, PLR, NPLR) a tetraploidami dały wyniki niejednakowe (tabela 2).

Przy użyciu jako organizmów macierzystych roślin diploidalnych krzyżowanie nastąpiło tylko u typów CLR i MLR, przy czym procent otrzymanych triploidów był mały. Krzyżowanie typów NPLR i PLR z tetraploidami w ogóle nie nastąpiło. Na nieudanie się krzyżówki z typem NPLR wpłynął fakt niezupełnie równoczesnego kwitnienia obu typów chromosomowych, co nie zaszło przy krzyżówce PLR z tetraploidami.

Wyniki krzyżowania PLR z tetraploidami okazały się specjalnie interesujące i ważne. Pozwoliły stwierdzić różnice w zależności od kierunku krzyżowania. Oczekiwany wynik otrzymaliśmy tylko wówczas, gdy jako organizmów macierzystych użyto form tetraploidalnych. Analiza cytologiczna stwierdziła w potomstwie same formy triploidalne. Niestety, jest to jedyna krzyżówka, w której tetraploidy były organizmami macierzystymi.

2) Uzyskiwanie tetraploidalnych nasion buraków cukrowych:

Wiosną 1953 roku wysadziliśmy część tetraploidalnych korzeni buraczanych w celu otrzymania z nich nasion. W czasie kwitnienia zbadałam u znacznej ilości okazów wielkość ziarn pyłku. Pyłek był jednolity, płodny w 99,5%, ziarna były duże o średnicy wahającej się w granicach 17—32 μ . Średnia wielkość pyłku (M) wynosiła 27 μ . Najczęściej spotykanymi formami (Mo) były pyłki o średnicy 27,5 μ . Rozmiary ziarn pyłków były zatem typowe dla tetraploidów, co pozwalało przypuszczać, że nasiona otrzymane z tych buraków będą stanowiły wyłącznie formy 36 — chromosomowe. Jesienią zebraliśmy z tych roślin około pięciu kg nasion. Kłębki buraków tetraploidalnych są duże, o wyrównanej wielkości (tablica III, fig. 18—20). Procent kiełkowania w stosunku do diploidów jest niski, gdyż wysiane kłębki kiełkowały na szalkach w 44%, normalne zaś kłębki buraków cukrowych diploidalnych kiełkowały w 75—80% (do kiełkowania użyto kłębków nie sortowanych). Sprawdzenie typu metodą cytologiczną wykazało istotnie, że w potomstwie wystąpiły formy 36 — chromosomowe. Skontrolowany w ten sposób materiał może być zatem użyty w następnych latach do krzyżówek z formami diploidalnymi do produkcji nasion buraków triploidalnych.

3) Badania potomstwa miksoploidalnych typów buraków cukrowych:

Oddzielnie wysadzono dwa osobniki: jeden diploidalny i jeden tetraploidalny. Wykazywały one w tkankach korzonków komórki z podwojonymi liczbami chromosomów.

U roślin potomnych diploida, u którego stwierdzono wymienione odchylenia, występowały liczby chromosomów 18, 27, 36.

Okaz tetraploidalny z grupami komórek oktoploidalnych wydał natomiast rośliny potomne, wśród których znalazłam typy tri- i tetraploidalne.

Triploidy, które wystąpiły w potomstwie tych obu roślin, przypuszczalnie powstały w wyniku krzyżowania, ponieważ oba osobniki rosły w tej samej szklarni. Natomiast występowanie w potomstwie diploidów roślin 36-chromosomowych dowodzi, że roślina taka ma zdolność wykształcenia gamet o nie zredukowanej liczbie chromosomów. Występowania oktoploidów w potomstwie tetraploida nie stwierdziłam. Szanse powstania takiego typu są znacznie mniejsze niż 36-chromosomowego u buraków diploidalnych.

4) Triploidy:

Triploidalne buraki cukrowe wysadzono w izolacji. Charakteryzują się one znacznym procentem zdegenerowanego pyłku (31%). Średnica ziarn pyłku z treścią żywą wykazuje szeroką skalę wahań (od 14 do 32 μ), w której mieszczą się wymiary ziarn pyłku odpowiadające zarówno pyłkowi diploidów, jak i tetraploidów (fig. 8). Na wykresie przedstawiającym frekwencję poszczególnych klas wielkości płodnych ziarn pyłku zaznaczają się dwa wierzchołki, z których jeden odpowiada ziarnom pyłku diploidów (21,5 μ), a drugi ziarnom typu tetraploidów (27,5 μ). Jak widać z wykresu, pierwsza klasa występuje liczniej.

Triploidalne formy wydały nieliczne nasiona o znacznych różnicach wielkości. Stwierdziłam wśród nich dużą ilość form niedorozwiniętych (tablica III, fig. 18). Kiełkowało zaledwie 5%. Potomstwo pod względem cytologicznym było niejednolite. Stwierdziłam w nim występowanie typów 18, 27 i 36-chromosomowych.

DYSKUSJA

Otrzymane w toku niniejszych badań wyniki mogą mieć znaczenie przy pracach cytologiczno-hodowlanych, które wiążą się ze sprawą krzyżowania roślin różniących się liczbą chromosomów. Pragnę zwrócić uwagę hodowców na ich praktyczne zastosowanie.

Na pierwszy plan wysuwają się tu dwa zagadnienia:

- 1) rozwój nasion uzyskanych na drodze krzyżówek generatywnych między formami di- a tetraploidalnymi,
- 2) spontaniczne podwajanie liczby chromosomów w poszczególnych tkankach organizmów.

Zagadnienia te mają ogromne znaczenie dla wypracowania metod produkcji triploidalnych buraków cukrowych.

- 1) Rozwój nasion uzyskanych na drodze krzyżówek generatywnych między formami di- a tetraploidalnymi:

Ciekawe i dające pewne metodyczne wskazówki są rezultaty krzyżówek, przeprowadzanych w dwóch kierunkach między diploidami PLR a tetraploidami. Analiza cytologiczna korzonków wziętych bezpośrednio z kłębków pozwoliła stwierdzić, że oczekiwane formy triploidalne otrzymano w potomstwie tetraploidów, w potomstwie zaś użytych do krzyżówek organizmów diploidalnych wystąpiły prawie wyłącznie diploidy. Pomyślny rezultat zależał zatem od kierunku krzyżowania i osiągnięto go, gdy jako macierzystych użyto roślin z wyższą liczbą chromosomów, a diploidów — jako organizmów ojcowskich.

Fakt udawania się krzyżówek pomiędzy diploidami a tetraploidami buraków cukrowych w zależności od tego, który z typów wybierano jako organizm macierzysty, zgodny jest z wynikami doświadczeń i prac badawczych M ü n t z i n g a (1930, 33), S k a l i ŋ s k i e j (1937) i W a t k i n s a (1932), którzy dokładnie omawiają to zagadnienie.

W doświadczeniach S k a l i ŋ s k i e j (1937) nad krzyżowaniem diploidalnych typów *Aquilegia* z tetraploidem *A. Janczewskii* nasiona na ogół nie rozwijały się w krzyżówkach typu $2x < 4x$ (*A. flabellata* $\times$ *A. Janczewskii*), z krzyżówek przeciwnych zaś, gdzie organizmem macierzystym była forma tetraploidalna *A. Janczewskii* ($4x$), otrzymano mieszańce triploidalne.

Jak wiadomo, różnice w liczbie chromosomów mogą utrudniać krzyżowanie. Na ogół krzyżowanie udaje się najlepiej między formami o jednakowych liczbach, na przykład między diploidalnymi formami buraków cukrowych. Haploidalne ziarna pyłku najlepiej kiełkują na znamieniu roślin diploidalnych. Wtedy tkanka znamienia ma $2x$, a kiełkująca na niej łagiewka $1x$, co charakteryzuje normalny stosunek tkanek rośliny macierzystej do gametofitu męskiego.

W przypadku, gdy organizmem macierzystym jest diploid ($2n = 18$), a męskim tetraploid ($2n = 36$), tkanka słupka i łagiewka mają tę samą liczbę chromosomów zamiast normalnego stosunku $2:1$, występuje tu więc stosunek $1:1$, który u licznych roślin stanowi przeszkodę do kiełkowania łagiewki.

Zalążki roślin diploidalnych przeważnie rozwijają się wcześniej, a łagiewki pyłkowe tetraploidów opóźniają się w rozwoju na ich znamionach, zatem w większości wypadków nie są zdolne do skutecznego zapłodnienia.

Gdy organizmem macierzystym jest tetraploid ($2n = 36$), a ojcowskim — diploid ($2n = 18$), normalny stosunek liczb chromosomów znamienia do łagiewki pyłkowej również ulega zakłóceniu i wynosi $4:1$. Jednakże wyższa liczba chromosomów w organizmie macierzystym jest mniejszą przeszkodą do kiełkowania łagiewki niż jednakowe liczby tkanek słupka i łagiewki (M ü n t z i n g, 1933).

W dalszym etapie rozwojowym odgrywa rolę wzajemny stosunek zarodka, endospermy, oraz organizmu macierzystego. Normalnie u form diploidalnych wynosi on 2 : 3 : 2.

W konsekwencji krzyżowania tetraploidów z diploidami powstają zarodki triploidalne i endosperma z pięcioma kompleksami chromosomowymi; cztery z nich wniesione są przez jądro bielmowe, a tylko jedno przez drugie jądro plemnikowe łagiewki (pierwsze zapładnia komórkę jajową). Stosunek zarodka, endospermy i organizmu macierzystego jest w tym przypadku 3 : 5 : 4. Takie załączki mają pewne szanse rozwoju, chociaż znaczna ich ilość może się zdegenerować.

W konsekwencji zapyłania diploidów pyłkiem pochodzącym z roślin tetraploidalnych powstają niekiedy również triploidalne zarodki, ale endosperma ma tu cztery kompleksy (dwa z jądra bielmowego woreczka załączkowego oraz dwa z drugiego jądra plemnikowego, pochodzącego z rośliny tetraploidalnej). Stosunek wynosi tu 3 : 4 : 2. W tych przypadkach zachodzić może częściej upośledzenie rozwoju endospermy i w konsekwencji zarodek może ulec zagłodzeniu (C o o p e r i B r i n k, 1945).

Zjawiska powyższe dają ważne wytyczne do planowania krzyżówek pomiędzy typami diploidalnymi i tetraploidalnymi buraków cukrowych. Jako organizmy macierzyste do tych krzyżówek należy brać rośliny tetraploidalne.

2) Spontaniczne podwajanie liczb chromosomów w poszczególnych tkankach organizmów:

W przebadanym przeze mnie materiale korzeni buraków cukrowych stwierdziłam u pewnych osobników występowanie w obrębie jednego organizmu obok normalnej liczby chromosomów podwojoną ich liczbę (18—36, 27—54, 36—72). Zjawisko takie poprzednio opisał L e v a n (1938), który stwierdził w materiale korzeni buraczanych występowanie 9,6% okazów wykazujących podwojoną liczbę chromosomów w grupie komórek lub całym korzonku. Zjawisko to dawało się częściej zaobserwować u diploidów niż u form poliploidalnych: u diploidów 18,4%, u triploidów 9,8%, u tetraploidów 5,4%. W zbadanym przeze mnie materiale występowanie takich podwojeń stwierdziłam w 2,6% okazów, przy czym u diploidów osiągało ono 6,0%, u triploidów 1,6%, u tetraploidów około 1,2%.

Częstość występowania podwojeń w liczbie chromosomów tak w moim, jak i w opracowanym przez L e v a n a materiale maleje wraz ze wzrostem stopnia poliploidalności.

Liczbę chromosomów ustalałam na podstawie 6—8 korzonków z jednej rośliny. Być może, że gdyby wzięto do badań większą ilość korzonków jednego okazu, natrafionoby na większą ilość okazów z podwojeniami w liczbie chromosomów. Na ten sam fakt zwraca uwagę w swych pracach L e v a n.

W korzonkach pochodzących bezpośrednio z kłąbków buraczanych L e v a n stwierdził, że podwojenia liczb chromosomów zachodzą znacznie rzadziej (około 0,22%).

Pewne światło na zjawisko częstego występowania podwojeń liczby chromosomów w korzeniach buraczanych w przeciwieństwie do siewek rzucają wyniki badań H u s k i n s a (1949). Podwyższanie liczby chromosomów H u s k i n s wiąże z dojrzałością organu rośliny; występowanie jąder poliploidalnych zachodzi według niego jako normalne zjawisko rozwojowe w tkankach zróżnicowanych histologicznie. Jądra takie w normalnych warunkach podziałom już nie ulegają. Pobudzenie ich do podziałów ujawnia ich charakter poliploidalny.

Wyżej wymienione fakty uzasadniają konieczność ustalania liczby chromosomów dla wyjściowego materiału tetraploidów, na licznych stożkach wzrostu poszczególnych osobników buraków oraz potrzebę wielkiej dokładności w badaniach. Można ją osiągnąć na podstawie szczegółowej analizy kolejnych skrawków mikrotomowych preparatów trwałych, przy stosowaniu zaś tylko metod rozmazowych łatwo można przeoczyć fakt równoczesnego występowania u jednego osobnika 18 i 36 chromosomów. W związku z tym pragnę przypomnieć, że jeden z wysadków diploidalnych, w którym wystąpiły podwojenia liczby chromosomów, wydał w potomstwie rośliny o liczbach chromosomów 18, 27, 36 z przewagą 18. Gdyby taki wysadek na skutek niedokładności metody rozmazów został błędnie zakwalifikowany jako tetraploid o ustalonym kompleksie chromosomowym, a następnie włączony w rozmnożenia tetraploidów, nastąpiłoby zanieczyszczenie materiału hodowlanego typami di- i triploidalnymi; byłoby to równoznaczne z przekreśleniem wyników całorocznej pracy.

Należy zatem podkreślić, że pośpiech, niedokładność, jak i niedostateczna ilość przebadanych korzeni z poszczególnych roślin, wynikające z niedoceniań lub nieznamomości metod cytologicznych, mogą popsuć cały materiał do rozmnożeń i krzyżówek, przygotowany zazwyczaj z wielkim nakładem czasu i pracy.

W związku z dalszą pracą nad otrzymaniem triploidalnych nasion buraków cukrowych wysuwają się dwa zagadnienia:

- 1) wypracowanie metod krzyżówek generatywnych między formami di- i tetraploidalnymi buraków cukrowych.

- 2) utrzymanie w typie chromosomowym rodów tetraploidalnych.

Wypracowanie metod krzyżowania pomiędzy formami di- i tetraploidalnymi ma na celu osiągnięcie jako efektu końcowego prawie czystego triploidalnego materiału nasiennego. Wymaga ono przeprowadzenia planowych doświadczeń, które ujawniłyby przyczyny całkowitego lub częściowego niepowodzenia w wynikach krzyżówek między formami di- i tetraploidalnymi przy użyciu diploidów jako organizmów macierzystych.

W tym celu należałoby zaplanować dwa typy doświadczeń z różnymi zgrupowaniami obu typów:

a) jeden tetraploid umieścić w środku, a rzędy brzeżne obsadzić kilkoma diploidami,

b) jeden diploid obsadzić tetraploidami.

W tak zaplanowanych krzyżówkach rośliny umieszczone w środku będą potraktowane jako organizmy macierzyste. Rośliny rzędów brzeżnych należy traktować jako ojcowskie, gdyż związane przez nie nasiona będą w większości przedstawiały produkt zapylania w obrębie jednego typu chromosomowego.

W pierwszym typie doświadczeń stwierdzimy stopień płodności tetraploidów po zapyleniu pyłkiem z diploidów, w drugim — czy diploidy mają zdolność rozwoju nasion po zapyleniu pyłkiem pochodzącym z tetraploidów.

Najważniejszą sprawą selekcji rodów tetraploidalnych ze względu na możliwość zapylania przez typy diploidalne jest utrzymanie ich w typie chromosomowym. Jak wykazały niniejsze badania, selekcję nasienników można by oprzeć na analizie morfologicznej pyłku.

Wyniki przeprowadzonych badań wykazują, że triploidalne typy buraków cukrowych dadzą się wyprodukować na dużą skalę przy zastosowaniu odpowiednich metod cytologiczno-hodowlanych; mogą mieć one zatem ważne znaczenie praktyczne.

S t r e s z c z e n i e

W pracy niniejszej przedstawione są wyniki badań prowadzonych w Stacji Selekcji Roślin w Górcie Narodowej nad otrzymaniem triploidalnych nasion buraków cukrowych. Triploidalne buraki cukrowe ($2n = 27$) charakteryzują się zwiększonymi rozmiarami korzenia w stosunku do form diploidalnych ($2n = 18$), będących powszechnie w hodowli. Cechę tę można wykorzystać do podniesienia plonu.

Ze względu na prawie całkowitą bezpłodność form triploidalnych oraz na ich niejednolite potomstwo triploidalne nasienie buraków cukrowych trzeba produkować każdorazowo na drodze krzyżówek między formami di- i tetraploidalnymi ($2n = 36$).

Dlatego pierwszym etapem pracy nad otrzymaniem triploidalnego nasienia buraków cukrowych jest wytworzenie form tetraploidalnych jako materiału wyjściowego do krzyżówek z diploidami.

Materiał wyjściowy do niniejszych badań otrzymano przez kolchicynowanie pędów kwiatowych. Wyhodowane z uzyskanych nasion korzenie buraków cukrowych zbadałam cytologicznie. W ogólnej liczbie 353 okazów stwierdziłam 83 diploidy, 183 triploidy, 82 tetraploidy.

Stwierdziłam nadto w 9 badanych korzeniach buraków diploidalnych, triploidalnych i tetraploidalnych sporadyczne występowanie grup komórek lub całych korzonków o podwojonej liczbie chromosomów. Częstość występowania podwojeń liczby chromosomów malała wraz ze wzrostem stopnia poliploidalności. Zjawisko to opisał poprzednio L e v a n (1938).

Oprócz całkowicie pewnej metody cytologicznej do identyfikowania tetraploidów stwierdziłam, że pomocna może być analiza morfologiczna pyłku.

Z wyselekcjonowanych tetraploidów część użyto do rozmnożenia, część zaś wzięto do próbnych krzyżówek z różnymi typami diploidalnymi buraków cukrowych naszej hodowli w celu otrzymania triploidów.

Stwierdzono na podstawie przeprowadzonych krzyżówek między diploidami PLR a tetraploidami, że wyniki były różne w zależności od kierunku krzyżowania. Czyste triploidalne potomstwo otrzymano tylko wówczas, gdy jako roślin macierzystych użyto tetraploidów, a pyłek pochodził z roślin diploidalnych.

Powyższe wyniki mają znaczenie praktyczne, gdyż dają ważne wytyczne do planowania krzyżówek mających na celu wyprodukowanie triploidalnych buraków cukrowych.

Pracę niniejszą wykonano w latach 1952—1954 w C. Z. S. R., Stacja Selekcji Roślin Górka Narodowa koło Krakowa.

Inż. mgrowi J. F i e d z i u s z c e i inż. K. S z o s t k o w i dziękuję za umożliwienie wykonania niniejszej pracy w Stacji Selekcji Roślin w Górcie Narodowej. Prof. dr M. S k a l i ŋ s k i e j, kierownikowi Katedry Botaniki Ogólnej UJ składam gorące podziękowanie za cenne wskazówki oraz za udostępnienie mi literatury związanej z opracowywanym zagadnieniem.

Stacja Selekcji Roślin
w Górcie Narodowej k. Krakowa

(Wpłynęło dn. 10.VIII.1954 r.)

S U M M A R Y

The present investigations were started at the Station of Plant Selection Góra Narodowa near Kraków, with the purpose of elaborating methods of production of triploid sugar beets. This chromosomic type ($2n = 27$) has bigger roots than both the tetraploids ($2n = 36$) and the cultivated diploids ($2n = 18$); its percentage of sugar being approximately the same as in the latter type, thus its characteristics may be important for the increase of the crop.

In view of the fact the triploid sugar beets are highly sterile and give rise to non-uniform progenies, this type must be produced every year anew by crossing of diploid and tetraploid forms.

Therefore the work of obtaining triploids must be preceded by the production of tetraploid forms which would represent the initial material for crosses with diploids.

This initial material of tetraploids has been obtained by colchicine treatment of flower shoots. In the course of my work the plants grown from seeds obtained in this way were investigated cytologically. According to the results obtained by me, the total lot of 353 plants consisted of 83 diploids, 183 triploids, and 82 tetraploids.

Besides, in the tissues of 9 plants representing the diploid, the triploid and the tetraploid type, there appeared occasionally groups of cells or even whole roots with doubled chromosome numbers. The frequency of chromosome doubling in the somatic tissues decreased with the increase of the degree of polyploidy. This phenomenon has been previously described by L e v a n (1938).

At the end of the first period of vegetation the triploids distinctly differ from the two other types by their bigger roots. On the other hand, the morphological identification of tetraploid individuals which should be selected for subsequent crosses with diploids, is not easy in view of rather slight differences between this type and the diploids.

In the course of my work it could be stated that the estimation of the chromosomic type in the second year may be based on studies of the pollen in the three types, chiefly on the size difference as well as the proportion of abortive grains. Thus, besides the entirely reliable cytological method, the study of pollen samples may be also helpful for the identification of tetraploids.

Of the material selected, a part of the tetraploids was used for further propagation of this type; the remaining plants were taken for crossing with various diploid strains of sugar beets cultivated at the Station.

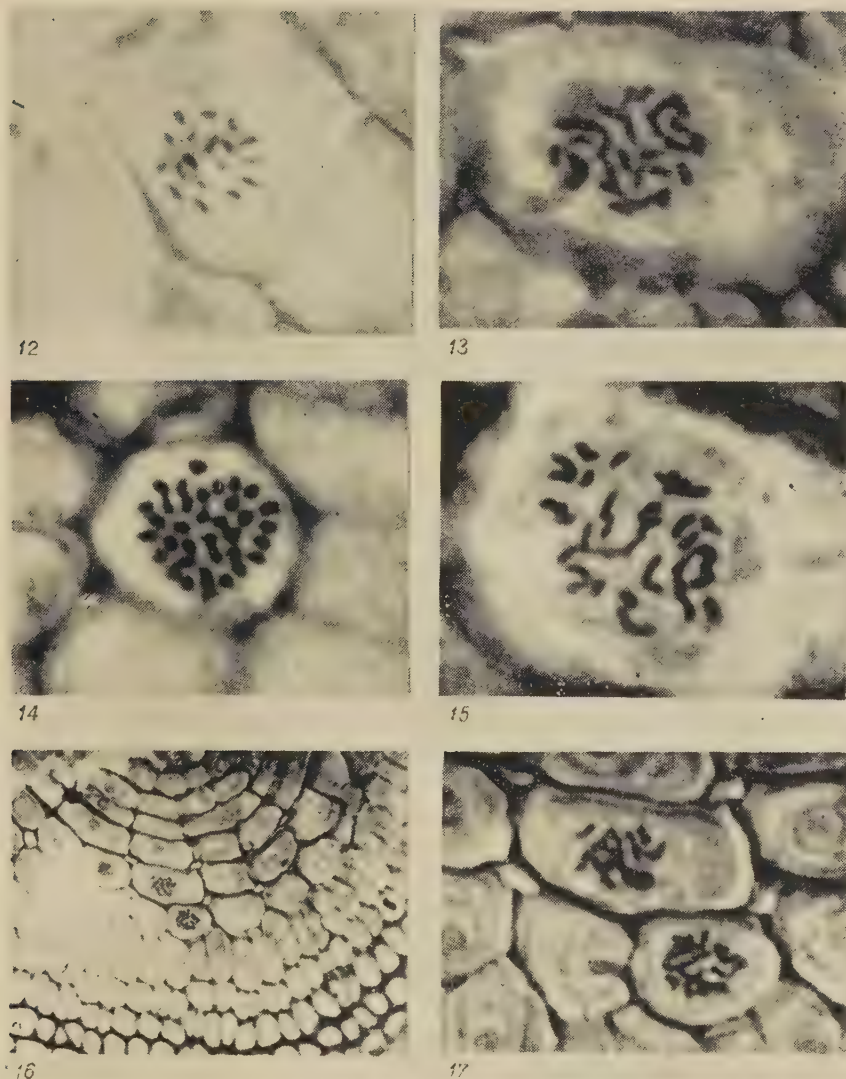
It is interesting to note, that the results of reciprocal crosses between the diploid strain PLR and the tetraploids were different. A pure triploid progeny was obtained only when tetraploids were used as mother plants and the pollen originated from diploids; on the other hand seeds harvested from diploid plants gave rise to a mixed progeny of diploids and triploids with a distinct prevalence of diploids.

The above observations should be taken into consideration in future experiments, for they give important hints concerning the mode of planning of crosses which would result in the production of triploids.

L I T E R A T U R A

- Cooper D. C. and Brink R. A., 1945. Seed collapse following mating between diploid and tetraploid races of *Lycopersicum pimpinellifolium*. „Genetics“, vol. 30, p. 376 — 401.
- Huskins C. L., and Steinitz L. M., 1948. The nucleus in differentiation and development II. Induced mitoses in differentiated tissues of *Rhoeo* roots. „Journ. of Heredity“ 39, p. 61 — 77.
- Kuzmina N. E., 1927. On the chromosomes of *Beta vulgaris* L. „Bull. of Appl. Bot. of Gen. and Plant Breeding“ 17.

- Levan A., 1944. On the normal occurrence of chromosome doublings in secondyear root tips of sugar beets. „Hereditas“ 30, 161 — 164.
- Müntzing A., 1933. Hybrid incompatibility and the origin of polyploidy. „Hereditas“ 18, 1 — 2, p. 33 — 55.
- Prywer Cz., 1931. Badania cytologiczne nad burakiem cukrowym. „Acta Soc. Bot. Pol.“ vol. 8, p. 19 — 46.
- Rosen G., 1946. A rapid method for sorting polyploid material. „Hereditas“ 32, h. 1, p. 129 — 130.
- Rosen G., 1946. Chromosome determination in root-tips and leaves by the rapid orcein method. „Hereditas“ 32, h. 3 — 4, p. 551 — 554.
- Skalińska M., 1945. Cytogenetic studies in triploid hybrids of *Aquilegia*. „Journ. of Genetics“ 47, p. 87 — 111.
- Skalińska M., 1937. The taxonomical value of two tetraploid groups of *Aquilegia*. „Bibl. Univ. Lib. Pol.“, ser. B, 4, p. 1 — 34.
- Watkins A. E., 1932. Hybrid sterility and incompatibility. „Journ. of Genetics“ 35, p. 125 — 162.
- Winge O., 1917. The chromosomes. Their numbers and general importance. „C. R. Trav. Carlsb.“ 13, p. 137 — 144.



Tablica II.

Fig. 12—15. Mikrofotografia płytek z merystemów korzonków trzech typów chromosomowych (12, 13, 14 — te same co fig. 2, 4, 6). Pow. 2 400 $\times$. Fig. 16. Mikrofotografia fragmentu przekroju korzonka diploidalnego. Pow. ok. 480 $\times$. Fig. 17. Dwie płytki metafazowe powiększone ok. 1 600 $\times$

Plate II

Figs. 12—15. Microphotos of root-tip methaphases of the three chromosomic types of sugar-beets (12, 13, 14 are the same as in fig. 2, 4, 6) $\times$ 2 400. Fig. 16. Part of a section of a diploid root tip (c. 480 $\times$). Fig. 17. Detail of fig. 16, showing two metaphase plates at higher magnification (c. 1 600 $\times$)

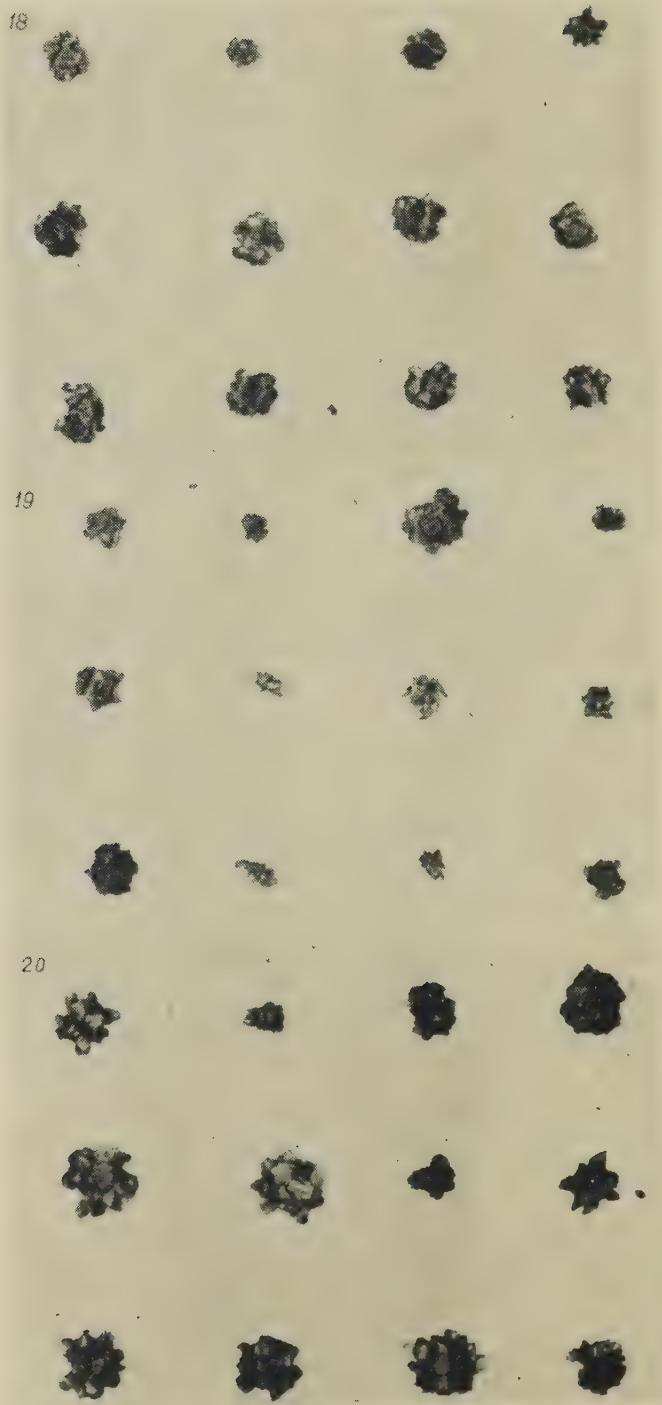
Tablica III.

Fig. 18—20. Fotografia kłębków trzech typów chromosomowych pochodzących z diploidów (18), triploidów (19), tetraploidów (20)

Plate III

Fig. 18—20. Photos of fruits of the three chromosomic types; 18 — of diploids, 19 — of the highly sterile triploids, 20 — of tetraploids

TABLICA III



Objaśnienia do fig. 18, 19 i 20 pod tabl. II.

Badania cytologiczno-systematyczne nad *Oreochloa disticha* Link, *Sesleria uliginosa* Opiz i *S. calcaria* Opiz

*Cyto-taxonomical studies in Oreochloa disticha Link, Sesleria
uliginosa Opiz and S. calcaria Opiz*

E. BIELECKI

WSTĘP

Badania niniejsze obejmują trzy gatunki rodzaju *Sesleria* Scop., z których jeden — *S. disticha* Pers. został wyłączony z rodzaju *Sesleria* i opisany jako gatunek odrębnego rodzaju *Oreochloa* Link — *O. disticha* Link. Pozostałe dwa zaś figurowały jako jeden wspólny gatunek *Sesleria coerulea* (L.) Ard., który rozdzielono na dwa gatunki: *Sesleria calcaria* Opiz (synonim *S. varia* Wettst.) i *Sesleria uliginosa* Opiz (według Deyla, 1946). Praca wnosi obserwacje nad wyżej wymienionymi gatunkami w dziedzinie cytologii, anatomii i morfologii. Przy badaniach morfologiczno-anatomicznych *S. calcaria* i *S. uliginosa* zwrócono głównie uwagę na cechy, które mogą mieć znaczenie systematyczne przy odróżnieniu tych dwóch nowowydzielonych gatunków. Badania cytologiczne określają liczbę chromosomów dla gatunku *Oreochloa disticha*, nie zbadanego dotychczas cytologicznie, oraz podają liczby chromosomów dla *Sesleria uliginosa* i dla *S. calcaria* z nowych stanowisk leżących na terenie Polski.

Poniżej podaje liczby chromosomów zbadanych cytologicznie gatunków rodzaju *Sesleria*, z uwzględnieniem wyników niniejszej pracy:

<i>Oreochloa disticha</i> Link	2n — 14	Bielecki (praca niniejsza)
<i>Sesleria autumnalis</i> Schultz	2n — 28	Awdułow (1928)
<i>Sesleria argentea</i> Savi	2n — 28	Awdułow (1931)
<i>Sesleria coerulea</i> (L.) Ard.	2n — 28	Kattermann (1930 cytowane wg A. Löve i D. Löve)
<i>Sesleria calcaria</i> Opiz	2n — 28	Ujhelyi, Felföldy (1948) Bielecki (praca niniejsza)
<i>Sesleria uliginosa</i> Opiz	2n — 28	Bielecki (praca niniejsza)
<i>Sesleria tenuifolia</i> Schrad	2n — 42	Awdułow (1928)
<i>Sesleria Sadleriana</i> Janka	2n —	Ujhely, Felföldy (1948),
<i>Sesleria tatray</i> Deyl	2n — 56	Rychlewski (w druku)

Jak wynika z powyższych danych, liczbą podstawową dla tego rodzaju wydaje się być 7.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

Materiał do badań był zebrany z naturalnych stanowisk w Tatrach, Pieninach i na Wyżynie Małopolskiej nad dolną Nidą w lipcu i sierpniu 1952 r. oraz w maju i sierpniu 1953 r.

Badania morfologiczne wykonywano przy pomocy lupy binokularnej o powiększeniu $16\times$ (rysunki kłosek, plew i plewek). Elementy kwiatków porównywano zawsze z dolnego kwiatka w obrębie kłosa. Badania anatomiczne wykonano na skrawkach odręcznych, przy czym do przekrojów poprzecznych liści i źdźbła stosowano podwójne barwienie karminem ałunowym i zielenią jodową. W wyniku barwienia elementy żywe zabarwiały się na różowo, elementy zaś zdrewniałe — na zielono. Przekroje anatomiczne liści i źdźbła wykonywano na jednej wysokości, zawsze w połowie liścia względnie źdźbła. Schematyczne rysunki epidermis z górnej powierzchni liści oraz przekrojów poprzecznych liści i źdźbła wykonano za pomocą aparatu rysunkowego Leitza przy powiększeniach $25\times$ i $50\times$.

Przy badaniach morfologiczno-anatomicznych posługiwano się materiałem konserwowanym w alkoholu 70% oraz własnym materiałem zielnikowym, zebrany z wymienionych stanowisk. Materiały własne porównywano z okazami z zielnika Instytutu Botanicznego U. J. Odpowiednie części z okazów zielnikowych gotowano przez godzinę, następnie po ostudzeniu przenoszono je do alkoholu 70%. Ustalenie liczb chromosomów przeprowadzono na mitozach w stożkach wzrostu korzeni. Żywe okazy, które były przywożone z terenu z bryłą ziemi, umieszczano w naczyniach z wodą, gdzie po kilku dniach wykształcały młode korzenie. Materiał utrwalano w utrwalaczu Nawaschina steżonym lub rozcieńczonym do połowy wodą destylowaną. Utrwalony materiał po odwodnieniu zatapiano w parafinie. Skrawki mikrotomowe $10\ \mu$ grubości barwiono metodą Newtona w 0,5% roztworze wodnym fioletu gencjanowego. Badania cytologiczne przeprowadzano za pomocą użycia mikroskopu z obiektywem immersyjnym Reicherta o powiększeniu $101\times$ oraz okularu kompensacyjnego Zeissa $20\times$. Rysunki wykonano posługując się aparatem rysunkowym Leitza.

WYNIKI BADAŃ

1. *Oreochloa disticha* Link

Ogólny zasięg tego gatunku obejmuje według Hegli'ego Karpaty, Siedmiogród, Pireneje oraz centralne i wschodnie Alpy. Gatunek ten wy-

stepuje wyłącznie na podłożu kwaśnym. Egzemplarze do mojej pracy zostały zebrane w Tatrach z 11 stanowisk, których wysokość waha się od 1400 — 2150 m nad poziom morza (tabela 1).

T a b e l a 1
Stanowiska *Oreochloa disticha* w Tatrach Wysokich

Stanowiska roślin	Wys. n. p. m.
1. Murawy naskalne przy nowej drodze do Czarnego Stawu nad Morskim Okiem	1400 m
2. Płat trawiasty koło Czarnego Stawu nad Morskim Okiem	1585 m
3. Płat trawiasty nad Czarnym Stawem pod Kościelcem w drodze do Zmarzłego Stawu	1700 m
4. „Ceprostrada“ w pobliżu wejścia do Dolinki za Mnichem	1785 m
5. Wyższe partie kosówki przy ścieżce na Granaty	1800 m
6. Zachodnie zbocze Kościelca poniżej Karbu	1800 m
7. Północne zbocze Kasprowego Wierchu	1900 m
8. Kozia Dolinka, murawy naskalne	1900 m
9. Górne partie ścieżki na Przełęcz Świnicką	1900 m
10. Granaty, murawy naskalne (w piętrze alpejskim)	2150 m

M o r f o l o g i a i a n a t o m i a

Rośliny z poszczególnych stanowisk wykazywały pewne różnice morfologiczne dotyczące wysokości i bujności wywołane różnicami warunków poszczególnych stanowisk. Wysokość wraz z źdźbłem u zebranych okazów waha się od 7,5 — 22 cm. Liście odziomkowe do 18,5 cm długości — zwinięte ku górze, na zewnętrznej (górnej) powierzchni owłosione. Włoski pokrywające liście — jednokomórkowe. Przekrój poprzeczny przez liść wykazuje siedem wiązek sitowo-naczyniowych; naprzeciw nich, tuż pod epidermą od strony dolnej, leżą partie sklerenchymy nie dochodzące do wiązek. Pod górną epidermą sklerenchyma nie występuje. Krawędzie liścia opatrzone są partiami sklerenchymy (fig. 10a). Na przekroju poprzecznym przez źdźbło zaznacza się zwarty pierścień sklerenchymy, w obrębie którego leżą wiązki sitowo-naczyniowe. Ku epidermie na zewnątrz od każdej wiązki występują zebra sklerenchymatyczne, na przemian z partiami miękiszu asymilacyjnego. Wewnątrz pierścienia sklerenchymy leży warstwa miękiszu i kanał powietrzny (fig. 10b). Kwiatostany zbite o d10 — 14 mm długości i od 6 — 10 mm szerokości. Kłoski ułożone w dwóch rzędach, fioletowo nabiegłe. W każdym kłosku 4 — 5 kwiatków, szczytowy kwiatek szczątkowy. Plewy jednonerwowe, na zewnętrznej powierzchni

owłosione. Plewa dolna kształtu owalnie lancetowatego 3,5 — 4,5 mm długa, zwężająca się ku szczytowi w ząbek (fig. 2). Plewa górna dłuższa i szersza od dolnej, 4 — 5 mm długa, bardziej owalna. Niekiedy oprócz nerwu głównego posiada krótkie nerwy boczne (fig. 3). Plewka dolna owalna, 4,8 — 5,5 mm długa, na zewnętrznej powierzchni owłosiona (fig. 4).

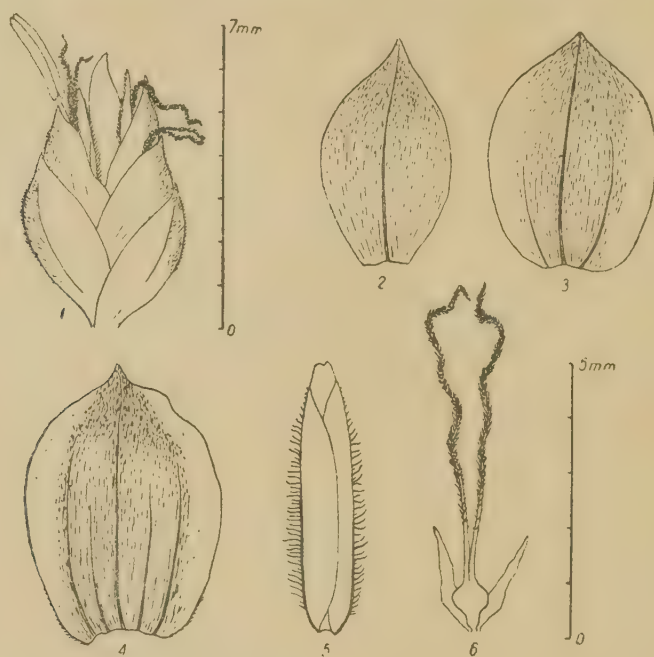


Fig. 1—6. *Oreochloa disticha* wg okazu ze zbocza Kościełca: 1) Kłosek, 2) Plewa dolna, 3) Plewa górna, 4) Plewka dolna, 5) Plewka górna, 6) Słupek
Oreochloa disticha (Tatra Mts, slope of Kościelec): 1 — Spikelet, 2, 3 — glumes, 4 — lemma, 5 — palea, 6 — pistil

Plewka górna rurkowato zwinięta, dwunerwowa, na nerwach silnie owłosiona (fig. 5). Plewy i plewki całobrzegie. Słupek z dwoma znamionami wolnymi od nasady, u nasady słupka dwie lodiculae (fig. 6). Szczegóły opisane powyżej zgodne są z kluczem Szafera, Kulczyńskiego i Pawłowskiego *Rośliny Polskie*, wyd. 1953 r. oraz z figurami *Atlasu Flory Polskiej*, jak również z cechami podawanymi dla tego gatunku przez Deyla.

Cytologia

Wyniki badań cytologicznych dały ze wszystkich stanowisk tę samą liczbę chromosomów — $2n = 14$. Stanowi to typ diploidalny przy liczbie podstawowej 7, która jest wspólna z rodzajem *Sesleria*. Chromosomy są typu równoramiennego. W obrębie płytki wykazują nieznaczne różnice dotyczące długości — od 3,3 do 5,5 μ (fig. 7).

2. *Sesleria uliginosa* Opiz

Występuje ona według Deyla na błotnistych łąkach o podłożu zasadowym w środkowej i południowo-wschodniej Europie oraz na północy w krajach nadbałtyckich i w Szwecji. W Polsce znaleźć ją można na Pomorzu i w Poznaniu (według Szafera, Kulczyńskiego i Pawłowskiego *Rośliny Polskie*, wyd. 1953 r.). Bardzo obfite stanowiska występują również nad Dolną Nidą w okolicach Buska. Okaży do badań zebrano z dwóch stanowisk koło Buska, oddległych od siebie o około 1,5 km, lecz krańcowo różnych pod względem warunków biotycznych (podmokłe łąki i murawy na skałkach gipsowych).



Fig. 7—9. Płytki metafazowe ze stożków wzrostu korzeni (pow. 3000 $\times$). 7. *Oreochloa disticha* ($2n = 14$), Tatry, półn. zbocze Kasprowego Wierchu. 8 *Sesleria uliginosa* ($2n = 28$), podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami. 9. *Sesleria calcaria* ($2n = 28$), Pieniny, Trzy Korony

Metaphase plates from root-tips ($\times 3000$): 7 — *Oreochloa disticha* ($2n = 14$), Tatra Mts. northern slope of Kasprowy Wierch. 8 — *Sesleria uliginosa* ($2n = 28$), swampy meadows between Busko and Skorocice (plateau of Little Poland). 9 — *S. calcaria* ($2n = 28$). Pieniny Mts, peak of Trzy Korony

Tabela 2
Stanowiska *Sesleria uliginosa* i *Sesleria calcaria*

1. <i>S. uliginosa</i> . Wąwóz w Skorocicach koło Buska, murawy na skałkach gipsowych (lipiec 1952 r. i maj 1953 r.)	
liczba roślin zbadanych cytologicznie	5
liczba roślin zbadanych morfologicznie i anatomicznie . .	15
2. <i>S. uliginosa</i> . Podmokłe łąki kośne między Buskiem a Skorocicami (maj 1953 r.)	
liczba roślin zbadanych cytologicznie.	4
liczba roślin zbadanych morfologicznie i anatomicznie . .	18
3. <i>S. calcaria</i> . Pieniny, skałki szczytowe Trzech Koron, murawy na skałkach wapiennych (czerwiec i wrzesień 1953 r.), wysokość n.p.m. 950—975 m	
liczba roślin zbadanych cytologicznie	6
liczba roślin zbadanych morfologicznie i anatomicznie . .	20

Morfologia i anatomia

S. uliginosa jest byliną tworzącą luźne darnie lub kępy z obumarłymi liśćmi. Wysokość wraz z żdźbłem u zebranych okazów wynosi 10,5 — 57 cm. Liście odziomkowe do 32 cm długie, od 2 — 5 mm szerokie, na górnej powierzchni silnie owoszczone i sinawo zabarwione. Górny liść łodygowy o blaszce 8 — 17 mm długości. Liście odziomkowe i żdźbło wzdłużnie żebrowane. W budowie anatomicznej liścia zasługuje na uwagę szcze-

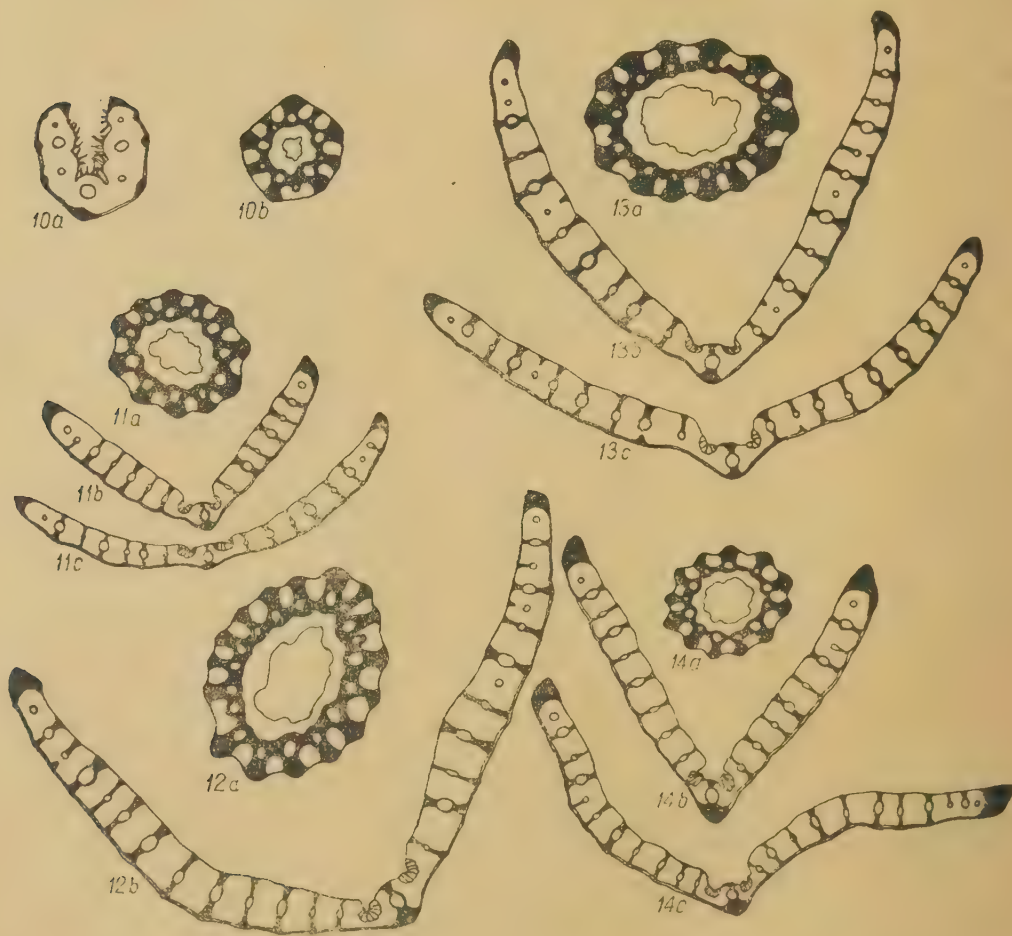


Fig. 10—14. Przekroje poprzeczne liści i żdźbła: 10. *Oreochloa disticha*, półn. zbocze Kasprowego Wierchu. 11 i 12. *Sesleria uliginosa*, podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami (11b. najmniejszy okaz. 12. największy okaz). 13. *S. uliginosa*, skałki gipsowe, wąwóz w Skorocicach k/Buska. 14. *S. calcaria*, Pieniny, Trzy Korony. Transverse sections of leaves and haulms: 10 — *Oreochloa disticha* (northern slope of Kasprowy Wierch), 11, 12 — *Sesleria uliginosa* (swampy meadows between Busko and Skorocice), 11b — the smallest specimen, 12 — the largest specimen. 13 — *S. uliginosa* (a ravine with gypsum debris Skorocice). 14 — *S. calcaria* Pieniny Mts. Trzy Korony) ($\times 23$).

gół, że epidermis z górnej powierzchni złożona jest z wydłużonych komórek, które nie są rozdzielone komórkami karłowatymi (fig. 21). Przekrój poprzeczny liścia pozwala stwierdzić obecność 15 — 27 nerwów. Nerw główny jest otoczony sklerenchymą sięgającą do dolnej i górnej epidermy. Z obu jego stron leżą szeregi komórek olbrzymich. Pozostałe nerwy również są otoczone sklerenchymą, która przeważnie sięga od dolnej do górnej epidermy.



Fig. 15—20. *Sesleria uliginosa*: 15 a. Kłosek 2-kwiatowy, skałki gipsowe w Skorocicach k/Buska, b) kłosek 3-kwiatowy, podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami, 16) Plewki dolne: a, c) podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami, b) skałki gipsowe w Skorocicach k/Buska, 17) Plewki górne: a, c) podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami, b) skałki gipsowe w Skorocicach k/Buska, 18) Plewka górna, 19) Plewki dolne: a, b) podmokłe łąki między Buskiem a Skorocicami, c) skałki gipsowe w Skorocicach k/Buska, 20) Słupek (*lodiculae* pominięto)

Sesleria uliginosa: 15) a) two-flowered spikelet ravine with gypsum debris, Skorocice, b) 3-flowered spikelet, swampy meadows between Busko and Skorocice, 16) inferior glumes: a, c) swampy meadows between Busko and Skorocice, b) a ravine with gypsum debris, Skorocice, 17) superior glumes: a, c) swampy meadows between Busko and Skorocice, b) a ravine with gypsum debris, Skorocice, 18) palea, 19) lemmata: a, b) swampy meadows between Busko and Skorocice, c) a ravine with gypsum debris, Skorocice, 20) pistil (*lodiculae* omitted)

Krawędzie liścia opatrzone partiami sklerenchymy (fig. 11, 12, 13). W budowie anatomicznej żdźbła zaznacza się wyraźny pierścień sklerenchymatyczny, który ku epidermis przechodzi w żeberka poprzedzielane partiami miękiszu asymilacyjnego. W obrębie pierścienia sklerenchymy na linii żeberk leżą wiązki sitowonaczyniowe. Środek żdźbła zajmuje warstwa miękiszu i kanał powietrzny (fig. 11a, 12a, 13a). Kwiatostany zbite mają 9 — 19 mm długości i 6 — 9 mm szerokości. Kłoski dwu lub trzy kwiatowe o fioletowym zabarwieniu. Ilość kwiatków w kłoskach zmienna jest w obrębie jednego kwiatostanu. Szczegół ten zasługuje na uwagę z tego względu, że D e y l w kluczu podaje różnice liczby kwiatków w kłosku jako jedną z cech, na której opiera różnice pomiędzy tym gatunkiem a *S. calcaria*. Obserwacje moje dowodzą, że różnica ta jest nieistotna. Plewa dolna kształtu owalnego przechodzi nagle ku górze w długi ząbek lub kształtu owalnie lancetowatego — zwęża się łagodnie w szczytowy ząbek (fig. 16). Między tymi krańcami występują liczne formy pośrednie. Plewa górna większa od dolnej, kształt jej waha się w podobnych grani-

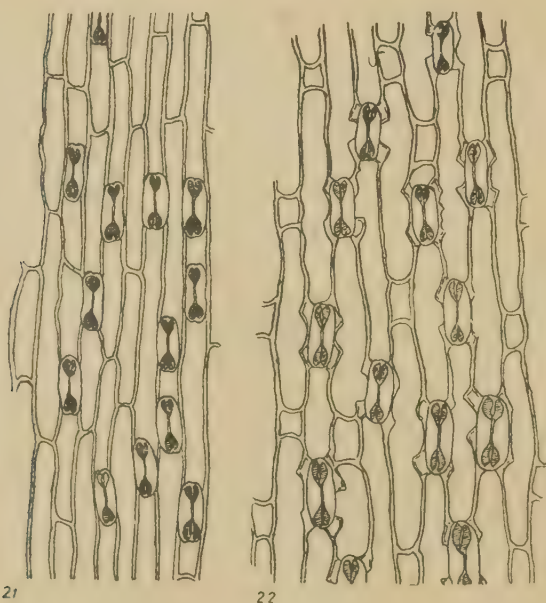


Fig. 21, 22. Fragmenty epidermis górnej powierzchni liści (pow. 265 $\times$): 21) *Sesleria uliginosa* z podmokłych łąk między Buskiem a Skorocicami, 22) *S. calcaria*, Pieniny, Trzy Korony

Epidermis of the upper surface of the leaves: 21) *S. uliginosa* from swampy meadows between Busko and Skorocice, 22) *S. calcaria* from Pieniny Mts (note the short cells alternating with normal elongated epidermis cells)

cach (fig. 17a, b, c). Plewy jednonerwowe, czasem z krótkimi nerwami bocznymi. Pewną zmienność kształtu stwierdzono również w plewkach dolnych. Są one owalne, w górnej części wyraźnie rozszerzone lub eliptyczne bez rozszerzenia w części szczytowej (fig. 19). Zmienność tę wykazały plewki roślin pochodzących z obu stanowisk. Ilość ząbków niezależnie od kształtu dochodzi od 3 — 5. Środkowy ząbek posiada oś od 0,5 — 1 mm długą. Ząbki boczne, zwykle bezostne, czasem jeden lub dwa z nich z krótkimi ostkami. Plewka dolna zawsze pięcionerwowa. Plewka górna kształtu eliptycznego, dwuząbkowa i dwunerwowa, na nerwach silnie owłosiona (fig. 18). Plewy

i plewki o brzegach ząbkowanych, krótko lecz gęsto owłosionych. Owłosienie występuje również na zewnętrznej powierzchni między nerwami, a także na nerwach. Najsilniejsze jest w części szczytowej plew i plewek. Słupek z dwoma znamionami, załącznia słupka owłosiona. U nasady słupka dwie lodiculae (fig. 20).

Jak wyżej wspomniałem, okazy do badań pochodziły z dwóch stanowisk krańcowo różnych pod względem ekologicznym. Wzięto pod uwagę możliwość występowania różnych biotypów i porównano cechy morfologiczne większej ilości roślin pochodzących z tych dwóch stanowisk. W wyniku badań stwierdzono, że wszystkie wyżej wymienione cechy były wspólne dla obu stanowisk. Wahania poszczególnych cech leżały we wspólnych granicach. Plastyczność wzrostu i bujności cechowała zarówno rośliny pochodzące z muraw na skałkach gipsowych, jak również z podmokłych łąk. Najwyraźniej wystąpiła ona na podmokłych łąkach, gdzie mimo wyrównanych warunków wahała się w szerokich granicach. Tabela 3 zestawia cechy morfologiczne i anatomiczne czterech okazów z podmokłych łąk zebranych w obrębie 2 m² oraz — dla porównania — dwóch okazów ze skałek gipsowych.

Tabela 3

Cechy morfologiczne i anatomiczne okazów z podmokłych łąk i ze skałek gipsowych

Cechy	S t a n o w i s k a					
	P o d m o k ł e ł ą k i				Skałki gipsowe	
	I	II	III	IV	I	II
Długość liści odziomk.	do 2,4 cm	do 6,5 cm	do 17,5 cm	do 28 cm	do 16,5 cm	do 12 cm
Szerokość liści odziomk.	2 mm	2,5 mm	2,5 mm	4,5–5 mm	4,4 mm	4 mm
Ilość wiązek sitow. nacz. w liściu	15	—	16	27	24	21
Wysokość roślin wraz z źdźbłem	10,5 cm	18 cm	37 cm	56,5 cm	42 cm	47 cm
Długość kwiatostanu	9 mm	10 mm	12 mm	19 mm	15 mm	15 mm

(Szczegóły dotyczące ilości wiązek w liściu podano dla okazów, z których przekroje przedstawione są na rysunkach)

Tabela 4 zestawia niektóre wyniki badań morfologiczno-anatomicznych *S. uliginosa* z cechami podawanymi przez D e y l a. Gatunek ten pod względem liczby chromosomów omawiam razem z gatunkiem następnym *S. calcaria*.

Tabela 4

Porównanie wyników badań *Sesleria uliginosa* i *S. calcaria* z cechami podawanymi przez Deyla

	<i>Sesleria uliginosa</i>		<i>Sesleria calcaria</i>	
	cechy podaw. przez Deyla	wyniki badań	cechy podaw. przez Deyla	wyniki badań
Długość liści odziomkowych	do 40 cm	do 32 cm	10 — 25 cm	do 25 cm
Szerokość liści odziomk.	2—3,5 mm (4—4,5 mm)	2 — 5 mm	2,5 — 5 mm	3 — 4,5 mm
Ilość wiązek sitowo naczyn. w liściach	ponad 13	15 — 27	ponad 13	19 — 23
Długość najwyższego liścia lodygowego	najczęściej 10—20 mm	8 — 17 mm	—	5 — 13 mm
Długość źdźbła	—	9,5—54,5 cm	30—40 cm rzadz. dłuższe	12—45,5 cm
Długość kwiatostanu	12 — 18 mm rzadko 20 mm	9 — 19 mm	10—30 mm	12 — 21 mm
Szerokość kwiatostanu	7 — 8 mm rzadko 5—6 mm	6 — 9 mm	4—10 mm	5—11 mm
Ilość kwiatków w kłoskach	(2) — 3	2 — 3	2 — (3)	2 — (3)
Długość dolnej plewki	—	4,5 — 6 mm	5 — 6 mm	4 — 5 mm
Ilość ząbków w plewce dolnej	3 — 5	3 — 5	1 — 5	3 — 5
Długość środkowej ości plewki dolnej	do 1 m	0,5—1 mm	najczęśc. 0,5 rzadz. 1 mm	0,5 — 1 mm

3. *Sesleria calcaria* Opiz

Zasięg tego gatunku według Deyla obejmuje góry Europy środkowej i południowej, Pireneje, południowo-wschodnią część półwyspu Pirenejskiego oraz północną Belgię, Wielką Brytanię i Islandię. W Polsce *S. calcaria* jest pospolita w Pieninach, rzadsza w Tatrach oraz na Wyżynie Małopolskiej nad dolną Nidą (według S z a f e r a, K u l c z y ń s k i e g o i P a w ł o w s k i e g o *Rośliny Polskie*, wyd. 1953 r.). Rośliny do badań pochodzą z Pienin. Prawie wszystkie zebrano z muraw pokrywających szczytowe skałki Trzech Koron. Kilka okazów znaleziono tam również w szczelinach skalnych. Poszukiwania *S. calcaria* nad dolną Nidą nie dały rezultatów. We wszystkich przypadkach stwierdzono na skałkach gipsowych występowanie wyłącznie *S. uliginosa*. Dotychczasowe wyniki badań zdają się wskazywać na to, że *S. calcaria* i *S. uliginosa* są ekologicznie rozdzielone. Zgodnie z tym, że całkowicie pewne najbardziej północne stanowiska *S. calcaria* w Polsce znajdują się w Pieninach, osiągałaby ona w Pieninach północną granicę zasięgu.

Morfologia i anatomia

Okazy zebrane z wyżej wymienionego stanowiska w liczbie 20 wykazywały pewne zróżnicowanie morfologiczne w granicach podanych poniżej dotyczące wysokości roślin, długości i szerokości liści, długości źdźbła i budowy kwiatostanu. W większości przypadków rośliny występowały w postaci zbitej darni lub większych kęp z licznymi obumarłymi liśćmi. Wysokość zebranych okazów wraz z źdźbłem wynosi 23 — 47 cm.

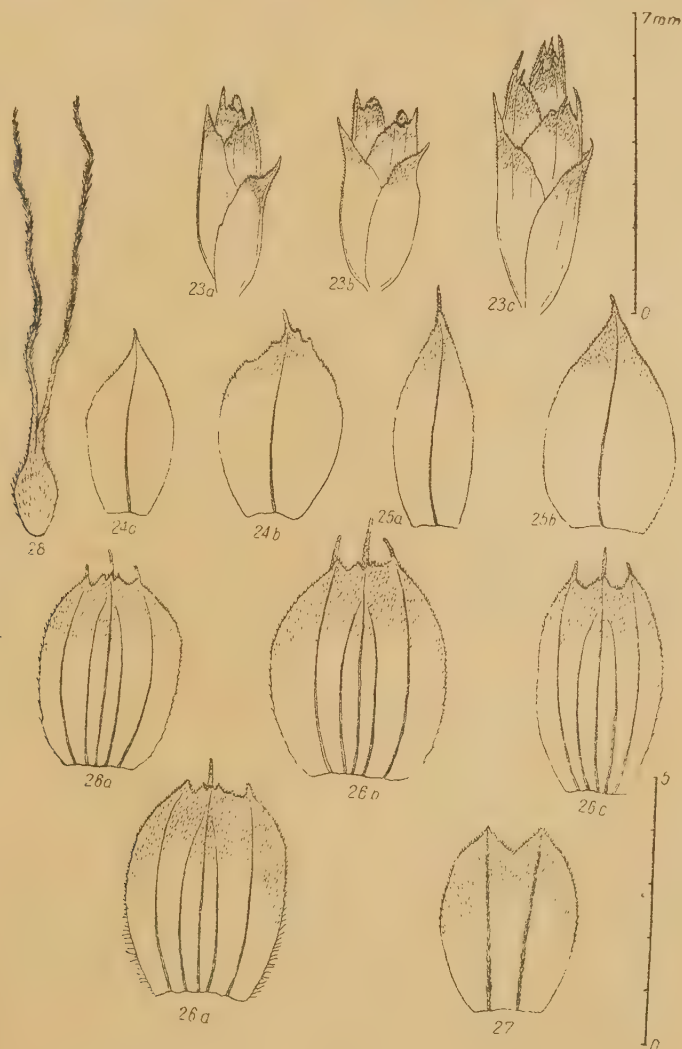


Fig. 23—28. *Sesleria calcaria*, Pieniny, Trzy Korony: 23 a, b) kłoski 2-kwiatowe, c) kłoszek 3-kwiatowy, 24) Plewki dolne, 25) Plewki górne, 26) Plewki dolne (d — z długim owłosieniem w dolnej części), 27) Plewka górna, 28) Słupek

Sesleria calcaria (Pieniny Mts): 23 a, b) 2-flowered spikelets, c) 3-flowered spikelet, 24) inferior glumes, 25) superior glumes, 26) lemmata (d — with long hairs at the basis), 27) palea, 28) pistil

Liście odziomkowe do 25 cm długie i 4 — 4,5 mm szerokie. Ilość wiązek sitowo-naczyniowych w liściach sięga od 19 — 23. Blaszki liściowe na zewnętrznej powierzchni zielone, nieowoszczone, z wyraźnie widocznym białym obrzeżeniem. Długość górnego liścia łodygowego od 5 — 13 mm. Liście odziomkowe i żdźbło wzdłużne żebrowane. Epidermis z górnej powierzchni liści zbudowana z długich i krótkich (karłowatych) komórek leżących na przemian. Komórki szparkowe o kątach wystających (fig. 22). Pozostałe szczegóły budowy anatomicznej liści i żdźbła identyczne jak u *S. uliginosa* (fig. 14). Kwiatostany zbite kształtu jajowatego 12 — 18 mm długie i 9 — 11 mm szerokie lub walcowate 16 — 21 mm długie i 5 — 7 mm szerokie. Kłoski o fioletowym zabarwieniu 2 lub 3 kwiatowe. Ilość kwiatków w kłosku zmienna w obrębie jednego kwiatostanu, jednak 3 kwiatowe kłoski występują rzadziej niż u *S. uliginosa*. Plewy jednonerwowe kształtu lancetowatego, stopniowo zwężające się ku górze, ostro zakończone. Plewa górna większa od dolnej (fig. 24, 25). Plewka dolna eliptyczna, pięcionerwowa, trzy do pięcioząbkowa. Ząbek środkowy opatrzonny ością od 0,5 — 1,0 mm długą. Dwa boczne ząbki często posiadają ości, niekiedy do 0,5 mm długie (fig. 26a, b, c, d). Plewka górna podobna jak u *S. uliginosa* eliptyczna, dwuząbkowa i dwunerwowa (fig. 27). Owłosienie plew i plewek bardzo krótkie, znacznie słabsze niż u *S. uliginosa*, występuje w części szczytowej plew i plewek na brzegach, na zewnętrznej zaś powierzchni — między nerwami oraz na nerwach w postaci pojedynczych krótkich włosków. Jedynie nerwy plewki górnej są na całej długości obficie owłosione. Niekiedy plewka dolna posiada w dolnej części długie owłosienie (fig. 26d). Brzegi plew i plewek bardzo drobno ząbkowane. Podobnie jak u *S. uliginosa* słupek z dwoma znamionami, zalążnia jest owłosiona (fig. 28).

Tabela 4 zestawia niektóre wyniki badań z cechami podanymi przez Deyla. Cechy anatomiczne i morfologiczne stwierdzone w badaniach są u obu gatunków na ogół zgodne z cechami podawanymi przez Deyla oraz z opisami w *Roślinach Polskich* wydanych w 1953 r. W nielicznych tylko przypadkach odbiegają nieznacznie od szczegółów podawanych przez Deyla, co zostało uwzględnione w tabeli 4.

W związku z tym, że gatunki *S. uliginosa* i *S. calcaria* zostały wydzielone ze wspólnego gatunku *S. coerulea*, ważne było sprecyzowanie między nimi różnic, które miałyby znaczenie systematyczne. W tabeli 5 zestawione są niektóre cechy morfologiczne i anatomiczne stwierdzone dla tych dwóch gatunków. Jak wynika z zestawienia, cechami, które mogą mieć znaczenie diagnostyczne, są różnice w barwie i owoszczeniu liści odziomkowych, szczegóły dotyczące ząbkowania plew i plewek oraz ich owłosienie. Bardzo wyraźną i ważną cechą diagnostyczną dla rozróżnienia tych dwóch gatunków jest budowa epidermis górnej powierzchni liści. U *S. calcaria* występują komórki karłowate, które rozdzielają długie ko-

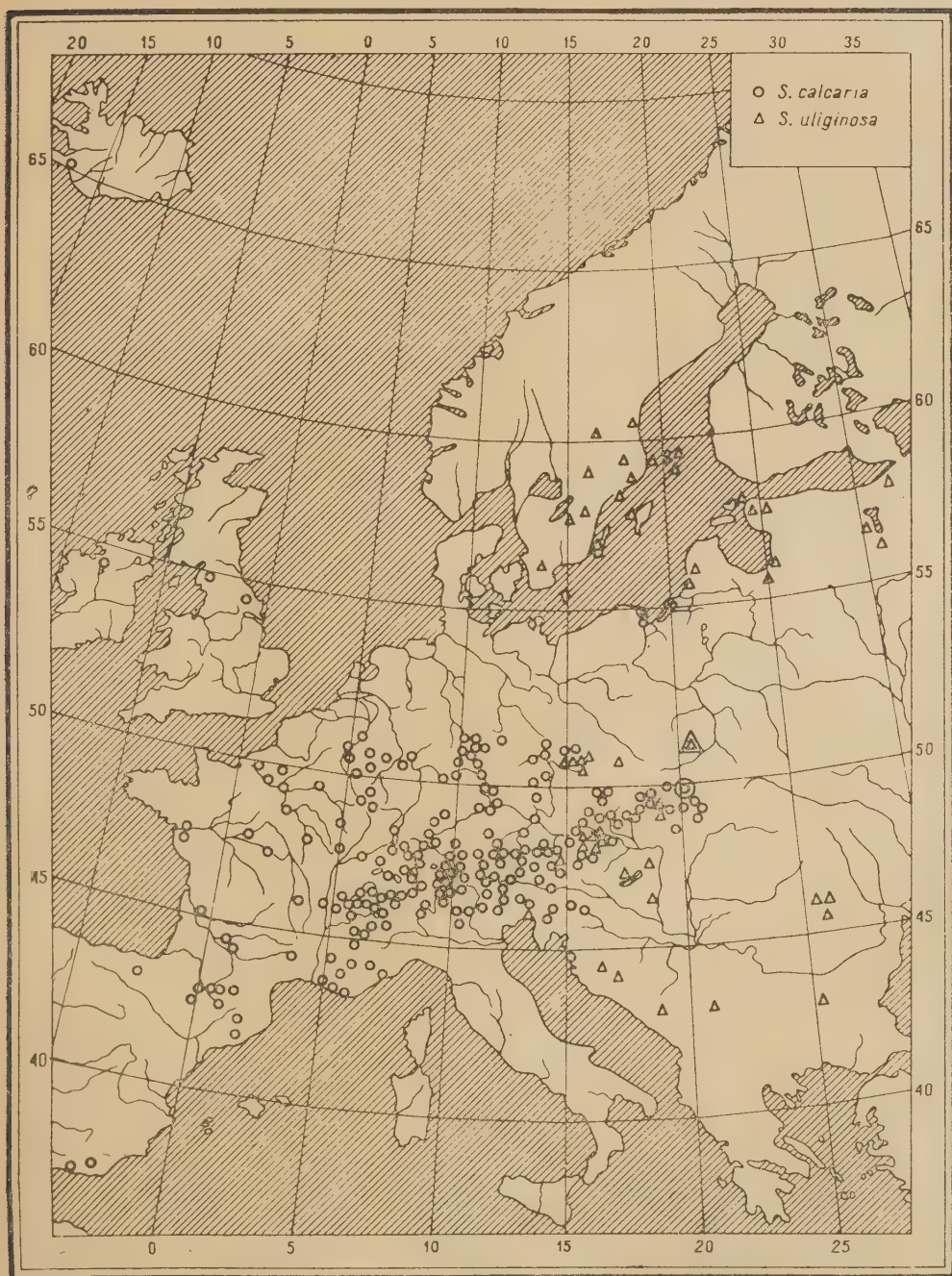


Fig. 29. Rozmieszczenie *Sesleria calcaria* i *S. uliginosa* wg Deyla (1946) nieco zmodyfikowane. Stanowiska badane w pracy niniejszej czarno obwiedzione
 Map of distribution of *Sesleria calcaria* (circles) and *S. uliginosa* (triangles) according to Deyl (1946), somewhat modified. Habitats of plants investigated in the present study are circled

Tabela 5

Zestawienie cech morfologicznych i anatomicznych *Sesleria uliginosa* i *S. calcaria*

Cechy	<i>S. uliginosa</i>	<i>S. calcaria</i>
Długość liści odziomk.	do 32 cm	do 25 cm
Szerokość liści odziomk.	2—5 mm	3—4,5 mm
Ilość wiązek sitowo-naczyn. w liściach	15—27	19—23
Długość najwyższego liścia łodygowego	8—17 mm	5—13 mm
Barwa i owoszczenie górnej powierzchni liści	Sinawo zabarwione, silnie owoszczone, białe obrzeżenie słabo widoczne lub brak	Żywo zielone, nieowoszczone, z wyraźnym białym obrzeżeniem
Obecność komórek karłowatych w górnej epidermis	Komórek karłowatych brak	Komórki karłowate leżą na przemian z długimi komórkami
Szerokość aparatów szparkowych	Tej samej szerokości co sąsiednie komórki epidermis	Aparaty szparkowe z wystającymi kątami
Wysokość roślin wraz z żdźbłem	10,5—56,5 cm	23—47,5 cm
Długość kwiatostanu	9—19 mm	12—21 mm
Szerokość kwiatostanu	6—9 mm	5—11 mm
Ilość kwiatków w kłoskach	2—3	2—(3)
Długość plew	2,8—5 mm	3,5—4,5 mm
Długość plewki dolnej	4,5—6 mm	4—5 mm
Ilość ząbków w plewce dolnej	3—5	3—5
Długość środkowej ości plewki dolnej	0,5—1 mm	0,5—1 mm
Owłosienie i ząbkowanie plew i plewek	Owłosienie obfite na brzegach i zewnętrznej pow. między nerwami oraz na nerwach. Najsilniejsze w części szczytowej. Brzegi drobno ząbkowane.	Owłosienie i ząbkowanie słabsze niż u <i>S. uliginosa</i>

mórki epidermis. *S. uliginosa* komórek tych nie posiada. Komórki szparkowe *S. calcaria* mają silnie wystające kąty, a aparaty szparkowe *S. uliginosa* są tej samej szerokości co sąsiednie komórki epidermis. Cechy te są uwzględnione w *Roślinach Polskich*, wyd. 1953 r. w pracy Deyla oraz w pracy Ujhelyi, Felföldy 1948 r. Pozostałe cechy anatomiczne i morfologiczne omówione powyżej są wspólne dla obu gatunków i wobec zmienności wywołanej środowiskiem nie posiadają wartości diagnostycznej.

C y t o l o g i a *Sesleria uliginosa* i *S. calcaria*

Badania cytologiczne *S. uliginosa* i *S. calcaria* wykazały dla obu gatunków tę samą liczbę chromosomów $2n = 28$ (fig. 8, 9). Liczbę tę stwierdzono u roślin ze wszystkich stanowisk, niezależnie od zróżnicowania morfologicznego. Chromosomy u obu gatunków są równoramienne i wykazują w obrębie kompleksu nieznaczące zróżnicowanie dotyczące długości. Całkowita długość chromosomów w poszczególnych płytkach wynosi u obu gatunków $2 - 3,5 \mu$. *S. uliginosa* i *S. calcaria* stanowią typ tetraploidalny przy liczbie podstawowej $x = 7$, która jest wspólna dla rodzajów *Sesleria* i *Oreochloa*, zaliczonego dawniej do rodzaju *Sesleria*. Zbadany przeze mnie gatunek *O. disticha*, który okazał się diploidalny, różni się też cytologicznie od obu tetraploidalnych gatunków w odniesieniu do długości chromosomów, która osiąga od $3,3 - 5,5 \mu$. Jak wykazały nieopublikowane badania Rychlewskiego, występująca również w Polsce *Sesleria tatarae* Deyl przedstawia wyższy typ poliploidalny.

DYSKUSJA

Spośród opracowanych gatunków forma diploidalna została uznana jako gatunek odrębnego rodzaju *Oreochloa* Link. Zarówno budowa morfologiczna i anatomiczna, jak i różnice wielkości chromosomów przemawiają na korzyść koncepcji, że *Oreochloa* stanowi odrębny rodzaj. Dwa tetraploidy blisko spokrewnione, które uważane były pierwotnie za jeden gatunek *Sesleria coerulea*, wykazują daleko idące podobieństwo. Powstały one prawdopodobnie przez dywergencję drogą różnicowania jakiegoś bardziej pierwotnego gatunku na dwa, przy czym różnice nie dotyczą liczby chromosomów, lecz pewnych szczegółów budowy morfologicznej i anatomicznej, a ponadto ekologii i rozmieszczenia. Różnice w budowie anatomicznej i morfologicznej zostały szczegółowo omówione (tabela 5). Jak wykazały dotychczasowe badania, występowanie *Sesleria calcaria* koncentruje się głównie na obszarach górskich o podłożu zasadowym. *S. uliginosa* zaś jest gatunkiem niżowym, występującym na błotnistych łąkach również o zasadowym podłożu (Deyl, 1946). Interesujący jest stwierdzony przeze mnie fakt występowania *Sesleria uliginosa* na skałkach gipsowych w okolicach Buska. Jest to stanowisko, które różni się pod względem ekologicznym od podmokłych łąk. Favarger (1950) w pracy swojej o wikaryzmie we florze alpejskiej mówi, że gatunki zastępcze nie różnią się na ogół liczbami chromosomów tam, gdzie wchodzi w grę wikaryzm ekologiczny. Na przykład dwa gatunki o tej samej liczbie chromosomów $2n = 36$ *Gentiana Clusi* i *G. Kochiana* mają różne wymagania ekologiczne. Pierwsza jest gatunkiem wapniolubnym, druga acidofilnym (Favarger). Podobnie oba gatunki *Sesleria calcaria* i *S. uliginosa*, z których jeden jest gatunkiem niżowym a drugi występuje przeważnie w gó-

rach, posiadają te same liczby chromosomów. Jeśli chodzi o wikaryzm geograficzny — gdy gatunki zastępują się na większych obszarach geograficznych — były obserwowane między nimi różnice cytologiczne. Zgodnie z badaniami H a g e r u p a (1939) różnice takie występują u gatunków rodzaju *Deschampsia*. *D. setacea* jest gatunkiem diploidalnym o węższym zasięgu niż tetraploidalny gatunek *D. flexuosa*.

Wniosków F a v a r g e r nie można jednak uogólniać. Istnieją niewątpliwie odchylenia, w których formy różne pod względem ekologicznym mogą różnić się liczbami chromosomów. Badania S k a l i Ń s k i e j nad gatunkiem zbiorowym *Valeriana officinalis* w Wielkiej Brytanii wykazały, że formy tetraploidalne występują na stosunkowo suchych stanowiskach na stokach wzgórz wapiennych, a formy oktoploidalne, występujące w zasięgu tetraploidów, są przywiązane do niskich i wilgotnych stanowisk. Zachodzi tutaj rozgraniczenie ekologiczne przy równoczesnym zróżnicowaniu liczb chromosomów.

Według D e y l a (1946) zasięgi *Sesleria uliginosa* i *S. calcaria* częściowo pokrywają się w Europie środkowej i południowej, wszelako *S. uliginosa* sięga na północo-wschód, podczas gdy *S. calcaria* rozprzestrzenia się ku zachodowi, zarówno na południe (Hiszpania), jak i na północ (Belgia, Wielka Brytania, Islandia). Przypuszczalnie najstarsze części tych zasięgów są w Europie środkowej i południowej (fig. 29).

Na zasadzie poznanych liczb chromosomów *Sesleria* można stwierdzić, że u tego rodzaju powstawanie nowych gatunków mogło być osiągnięte dwoma sposobami. Proces ten mógł obejmować różnicowanie morfologiczno-anatomiczne bez zmiany typu chromosomowego, jak było przypuszczalnie u badanych gatunków *S. uliginosa* i *S. calcaria*. W innych przypadkach gatunki mogły wyodrębniać się na drodze poliploidalności, czego przykładem jest *S. tenuifolia* $2n = 42$ oraz oktoploidalne gatunki: *S. Sadleriana*, domniemany autopoliploid (według U j h e l y i, F e l f ö l d y), jak również *S. tatrae* (R y c h l e w s k i, badania niepublikowane). Na drodze autopoliploidalności powstał według M ü n t z i n g a tetraploidalny gatunek *Dactylis glomerata* L. ($n = 14$) z diploidalnego gatunku *D. Aschersoniana* G r a e b n. ($n = 7$) (M ü n t z i n g, 1937, cytowane według C l a u s e n a, K e c k a i H i e s e y'a). W związku z tym należy zaznaczyć, że w obrębie rodzaju *Sesleria* nie znaleziono dotychczas typu diploidalnego. *Oreochloa disticha* nie może być uważana za takowy, ponieważ zachodzą różnice morfologiczne, które skłoniły systematyków do wyłączenia jej z rodzaju *Sesleria*.

Badane gatunki wykazują też różnice dotyczące rozmieszczenia geograficznego i ekologicznego. *O. disticha* jest wysokogórskim gatunkiem posiadającym wąski zasięg i związanym z podłożem kwaśnym. Natomiast tetraploidy rodzaju *Sesleria* mają szersze rozprzestrzenienie. Zwłaszcza szerokie zasięgi posiadają *Sesleria uliginosa*, a szczególnie *Sesleria calcaria*

(Deyl, 1946, str. 89 i 163). Tetraploidalna forma jest być może optymalną w obrębie rodzaju *Sesleria*, ponieważ prawdopodobnie gatunki o wyższych liczbach chromosomów, *S. tenuifolia*, a zwłaszcza *S. Sadleriana* i *S. tatrae*, mają zasięgi węższe (Deyl, str. 153 i 184). Pozostaje jednak wiele gatunków w obrębie rodzaju, które są dotąd niezbadane cytologicznie. Możliwe, że wśród nich znajduje się również typ diploidalny, którego dotychczasowe badania nie ujawniły.

Streszczenie

1. Praca niniejsza obejmuje studia morfologiczne, anatomiczne i cytologiczne nad *Sesleria uliginosa* Opiz, *Sesleria calcaria* Opiz i *Oreochloa disticha* Link, który to gatunek został wyłączony z rodzaju *Sesleria* wraz z wyodrębnionym rodzajem *Oreochloa* Link.

2. Badania cytologiczne doprowadziły do ustalenia następujących liczb chromosomów u obu rodzajów, które mają tę samą podstawową liczbę $x = 7$:

Oreochloa disticha $2n = 14$

Sesleria uliginosa $2n = 28$

Sesleria calcaria $2n = 28$

3. Oba gatunki tetraploidalne *Sesleria* różnią się pewnymi cechami morfologicznymi i anatomicznymi oraz wykazują zróżnicowanie dotyczące ekologii i rozmieszczenia geograficznego. Są one przypuszczalnie wspólnego pochodzenia. Mogły powstać drogą dywergencji z jednego, bardziej pierwotnego gatunku.

Praca niniejsza została wykonana w Zakładzie Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego.

Kierownikowi Zakładu pani prof. dr M. Skalińskiej składam gorące podziękowanie za pokierowanie tokiem mojej pracy oraz za cenne rady i wskazówki w czasie wykonywania badań.

Katedra Botaniki Ogólnej
Uniwersytetu Jagiellońskiego w Krakowie

(Wpłynęło dn. 5.VIII.1954 r.)

SUMMARY

The present paper deals with the morphology, anatomy and cytology of *Oreochloa disticha* Link, *Sesleria uliginosa* Opiz and *S. calcaria* Opiz (*S. varia* Wettst.).

Oreochloa disticha which belongs to a separate genus, according to the recent taxonomical groupment, differs distinctly from the two species of *Sesleria* by its cytology, morphological features as well as anatomical structure. The chromosome numbers of the three species have been studied in the course of the present work on root-tip mitoses of plants collected in natural habitats in southern Poland (*Oreochloa disticha* in the granitic part of the Tatra Mts, *Sesleria uliginosa* in the Plateau of Little Poland, *S. calcaria* in the Pieniny Mts).

The basic chromosome number of the two genera is 7. The following numbers have been established (Fig. 7—9):

<i>Oreochloa disticha</i> ,	$2n = 14$
<i>Sesleria uliginosa</i> ,	$2n = 28$
<i>Sesleria calcaria</i> ,	$2n = 28$.

The two tetraploid species of *Sesleria* are closely related; they were considered previously as one species only, *S. coerulea* (L.) A r d. They show, however, some morphological and anatomical differences and manifest a distinct differentiation concerning their ecology and geographic distribution. It is plausible that they have a common origin and that they had evolved from a more primitive ancestor in the way of divergence, their morphological and ecological differentiation being attained without any change of the chromosomic type. On the other hand, in the evolution of some other species within this genus undoubtedly also polyploidy has played a certain part, since in addition to tetraploids, one hexaploid and two octoploid species of *Sesleria* are known (cf the chromosome list p. 143 of the Polish text).

The present study has been carried out in the Department of General Botany, University of Krakow. The author expresses his sincere thanks to Professor M. S k a l i ń s k a, Head of the Department, for her guidance and valuable advice and suggestions during the course of the work.

LITERATURA

- A w d u ł o w, 1931. Kariostematische und karyologische Untersuchungen an Getreidearten, Leningrad.
- Clausen J., Keck D. D., Hiesey W. M., 1945. Experimental studies on the nature of species. Carnegie Institution of Washington.
- Deyl M., 1946. Study of the genus *Sesleria*. „Opera Botanica Cechica“, Prague.
- Favarger C., 1950. Polyploidie et Vicariance dans la flore alpine „Archiv der Julius Klaus-Stiftung“, Zürich, 25, 462 — 477.
- Hagerup O., 1939. Studies on the significance of polyploidy, III. *Deschampsia* and *Aira*, „Hereditas“, Lund, 25, str. 185—92.
- Hegi G., Illustrierte Flora von Mittel-Europa I, München.
- Kulczyński S., 1936. Atlas Flory Polskiej t. IV, zeszyt 4, Kraków.
- Löve A. i Löve D., 1948. Chromosome numbers of northern plant species, Rejkiavik.
- Müntzing A., 1937. The effects of chromosomal variation in *Dactylis*. „Hereditas“ 23, str. 113 — 235.
- Rychlewski J., 1954. Studia cytologiczno-systematyczne nad *Sesleria tatarae* Deyl., „Acta Soc. Bot. Pol.“ XXIV, str. 161—177.
- Skalińska M., 1939. Genetyka, Warszawa.
- Skalińska M., 1947. Polyploidy in *Valeriana officinalis* L. in relation to its ecology and distribution, „Journ. Linn. Soc.“, London, Botany, 53, p. 159 — 186.
- Szafer W., 1949. Zarys Ogólnej Geografii Roślin, Warszawa.
- Szafer W., Kulczyński S., Pawłowski B., 1953. Rośliny Polskie, Warszawa.
- Ujhelyi J. i Felföldy L., 1948. Cyto-taxonomical Studies of *Sesleria Sadleriana* Janka and *Sesleria varia* (Jacq.) Wettst., „Separatum Archiva Biologica Hungarica“, Series II, vol. 18, p. 52 — 58.

Studia cytologiczno-systematyczne nad *Sesleria tatrae* Deyl

Cyto-taxonomic studies in Sesleria tatrae Deyl

J. RYCHLEWSKI

WSTĘP

Badania niniejsze dotyczą zdefiniowanego przez Deyla (1938) gatunku tatrzańskiego rodzaju *Sesleria* Scop nazwanego przez autora *Sesleria tatrae* Deyl. Gatunek ten wyodrębniony został z gatunku *Sesleria coerulans* Friv. (syn. *S. Bielzii* Schur.) jako forma *tatrae* Degen. Deyl podniósł tę formę do rangi gatunku biorąc pod uwagę zarówno cechy morfologiczne, jak i wymagania ekologiczne. Praca moja miała na celu określenie nieznanej dotąd liczby chromosomów tego gatunku. Jest ona ciekawa jeszcze z tego względu, że może rzucić światło na pochodzenie tego gatunku w związku z hipotezą M. Deyl'a głoszącą, że *Sesleria tatrae* powstała przez krzyżowanie *Sesleria calcaria* z *S. coerulans*. Badania cytologiczne przeprowadzone przez innych autorów nad gatunkami *Sesleria* doprowadziły do ustalenia następujących liczb chromosomów:

<i>Sesleria autumnalis</i> Schultz	$2n = 28$	Awdułow (1928)
<i>Sesleria argentea</i> Savi	$2n = 28$	Awdułow (1931)
<i>Sesleria coerulea</i> (L.) Ard.	$2n = 28$	Kattermann (1930 cytowane według Löve A. D. Löve)
<i>Sesleria calcaria</i> Opiz	$2n = 28$	Ujhelyi, Felföldy (1948) Bielecki (w druku)
<i>Sesleria uliginosa</i> Opiz	$2n = 28$	Bielecki (w druku)
<i>Sesleria tenuifolia</i> Schrad	$2n = 42$	Awdułow (1931)
<i>Sesleria Sadleriana</i> Janka	$2n = 56$	Ujhelyi i Felföldy (1948)
<i>Sesleria tatrae</i> Deyl	$2n = 56$	Rychlewski (praca niniejsza)

Studia morfologiczno-systematyczne nad rodzajem *Sesleria* przeprowadzał M. Deyl (1946).

MATERIAŁ I METODY

a) Materiał do badań pochodził z naturalnych stanowisk w Tatrach. Zebrany został w latach 1952 i 1953. Okazy spotykane w Tatrach rosły wyłącznie na podłożu wapiennym.

T a b e l a 1

Stanowiska <i>Sesleria tatrae</i>	Wys. n. p. m.	Zebrał
I. Wąwóz „Kraków“ od Doliny Kościelskiej, prawie naga skała wap. b. stroma	1300 m	Rychlewski
II. „Piekło“ k/Giewontu, kocioł polodowcowy. Na bloku skalnym	1500 m	prof. Skalińska
III. Zbocze Giewontu od Doliny Strążyskiej. Stanowisko suche, strome	1500 m	— „ —
IV. Zbocze Giewontu od Doliny Kondratowej	1600 m	— „ —
V. Zbocze Krokwi powyżej kamieniołomu	1160 m	— „ —
VI. Droga na Przełęcz między Kopami z Doliny Jaworzynki	1450 m	Rychlewski
VII. Przełęcz między Kopami	1480 m	— „ —
VIII. Przełęcz między Kopami	1500 m	— „ —
IX. Kopa „Królowa“	1570 m	dr Paryska
X. „Karczmisko“ niższa część	1560 m	prof. Skalińska
XI. Skałki wap. powyżej drogi z Karczmiszka na Halę Gąsienicową	1535 m	Rychlewski
XII. Dno Doliny Jaworzynki	1100 m	Rychlewski
XIII. Boczań	1200 m	dr Poganowa
XIV. Wejście na Kominy Tylkowe od Przełęczy Iwaniackiej	1620 m	Rychlewski
XV. Kominy Tylkowe	1750 m	— „ —
XVI. Droga na Kobylarz (str. lewa)	1320 m	— „ —
XVII. Kobylarz koło Kosówki	1400 m	— „ —
XVIII. Zbocze nad Halą Tomanową Wyżnią	1560 m	— „ —

b) Metody.

Studia morfologiczno-systematyczne obejmowały zarówno materiał żywy, jak egzemplarze zielnikowe. Do badań tych używałem lupy binokularnej o pow. 16 × spod której wykonałem rysunki kwiatków i części kłosek. Badania anatomiczne liści i źdźbła przeprowadzałem na skrawkach odręcznych na materiale utrwalonym w 70% alkoholu lub pochodzącym z okazów zielnikowych uprzednio rozgotowanych. Uwaga moja była specjalnie zwrócona na to, ażeby przekroje pochodziły z tej samej okolicy blaszki liściowej lub źdźbła (połowa wysokości źdźbła, środkowa część blaszki liściowej). Dla zróżnicowania elementów żywych i zdrew-

niałych stosowano barwienie podwójne karminem alunowym i zielenią jodową. Skrawki prześwietlano gliceryną i rysowano za pomocą aparatu rysunkowego Leitz-Wetzlar spod mikroskopu. Powiększenia rysunków podane są przy odnośnych figurach w tekście. Ziarna pyłku badano w acetokarminie. Liczby chromosomów ustalałem na mitozach w merystemach stożków wzrostu korzeni okazów z naturalnych stanowisk. Żywe okazy *Sesleria tatrae* przywożono do pracowni, gdzie umieszczano je

- a) w zlewkach z wodą wodociągową,
- b) w wilgotnej ziemi,
- c) w wilgotnym mchu.

Najdogodniejszą okazała się metoda c) — w wilgotnym mchu. Gdy po kilkunastu dniach pojawiały się młode korzonki i osiągały odpowiednią długość (5 — 15 mm), utrwalano je w utrwalaczu *Nawasch*ina skoncentrowanym lub rozcieńczonym do połowy wodą destylowaną. Materiał zatapiano w parafinie i krajano na mikrotomie na skrawki grubości 10 μ . Barwiono fioletem gencjanowym 0,5% według Newtona.

Niektóre okazy zakorzeniały się bardzo opornie, co stwarzało duże trudności w przygotowaniu materiału do badań cytologicznych. Okazy takie w celu pobudzenia ich do zakorzenia się traktowano przez 48 godzin roztworem kwasu α naftaleno-octowego o stężeniu od 0.002 do 0.02 g/l. Następnie przesadzano rośliny do ziemi z piaskiem. Po 14 dniach sprawdzono wyniki i utrwalono otrzymane w ten sposób korzonki. Rezultat pozytywny otrzymano działaniem roztworu o stężeniu 0.02 g/l. Otrzymane w ten sposób korzonki utrwalono i zbadano; nie zauważono żadnych różnic ani w liczbie i morfologii chromosomów, ani w morfologii komórek i budowie anatomicznej korzenia, które mogłyby wystąpić pod działaniem substancji chemicznych. Badania cytologiczne przeprowadzano przy użyciu mikroskopu z obiektywem immersyjnym *Reichert*a o powiększeniu 101 $\times$ oraz okularu kompensacyjnego *Zeiss*a 20 $\times$ i 30 $\times$. Rysunki wykonano posługując się aparatem rysunkowym *Leitza*.

MORFOLOGIA, ANATOMIA I POZYCJA SYSTEMATYCZNA *SESLERIA TATRAE* D E Y L

Gatunek *Sesleria tatrae* M. Deyl (1946) zalicza do jednej z pięciu grup (turma) *Coerulans*, które łączy w jedną sekcję *Calcari*a, ta zaś sekcja wraz z drugą tworzą wspólny rodzaj *Sesleria* Scop. Według Deyla jednostki systematyczne nadrzędne gatunkowi *Sesleria tatrae* przedstawiają się następująco:

Genus: *Sesleria* Scop
Sectio: *Calcari*ae
Turma: *Coerulans*
Species: *Sesleria tatrae* Deyl

W celu zidentyfikowania zebranych okazów przeprowadzano dokładne studia nad morfologią i anatomią badanego gatunku. Studia te były niezbędne ze względu na bardzo bliskie pokrewieństwo, a w związku z tym podobieństwo *Sesleria tatarae* do gatunku *Sesleria coerulans*. Wykazały to studia porównawcze obu tych gatunków. *Sesleria tatarae* jest byliną tworzącą luźne darnie. Liście odziomkowe są od 2 — 4,5 mm szerokie i od 10 — 30 cm długie, wzdłużnie złożone. Łodygi z kwiatostanami od 10 cm do około 50 cm wysokie. Liście łodygowe od 1,2 — 4,5 cm długie, i około 3 mm szerokie. Liście łodygowe dolne zwykle większe niż górne, chociaż często bywa odwrotnie. Pod względem kształtu liście łodygowe są równo wąskie, nagle zaostrome (cecha charakterystyczna dla sekcji *Calcariae*). Pochwy liściowe gładkie wzdłużnie żłobione, co uwydatnia się zwłaszcza na egzemplarzach zielnikowych.

Budowa anatomiczna liści odziomkowych

Na przekroju poprzecznym przez liść widać 13 — 19 nerwów (fig. 1). Wiązka nerwu głównego jest otoczona pochwą (fig. 3) i posiada zarówno od góry jak i od dołu partie sklerenchymy, ciągnące się do górnej i dolnej

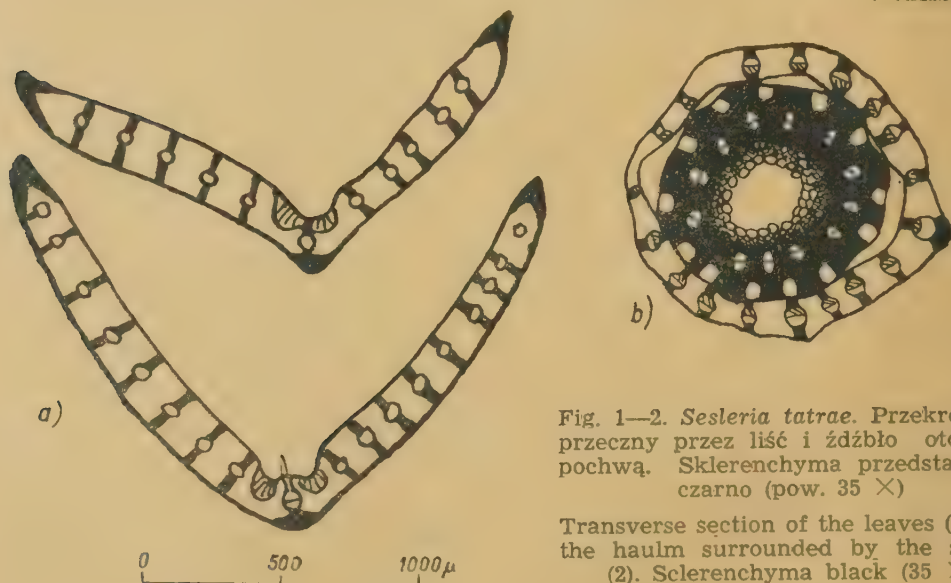


Fig. 1—2. *Sesleria tatarae*. Przekrój poprzeczny przez liść i źdźbło otoczone pochwą. Sklerenchyma przedstawiona czarno (pow. 35 ×)

Transverse section of the leaves (1) and the haulm surrounded by the sheath (2). Sclerenchyma black (35 ×)

epidermis. Symetrycznie z obu stron nerwu głównego, w okolicy zgięcia liścia, znajdują się duże komórki zawiasowe w liczbie około sześciu. Pasma sklerenchymy towarzyszące pozostałym wiązkom sitowo-naczyniowym w ilości 6 — 9 z każdej strony nerwu głównego również rozciągają się na całą grubość liścia w postaci wąskich mostków. Błony komórek epi-

dermis dolnej są silnie zgrubiałe, zwłaszcza od strony zewnętrznej (fig. 3). Błony komórek epidermis górnej — słabiej zgrubiałe i komórki nieco mniejsze. Tkanka epidermis górnej składa się z komórek silnie wydłużo-



Fig. 3. Fragment przekroju przez środkową część liścia, błony zdrewniałe czarne.
Pow. ok. 230 $\times$. Chloroplasty zostały pominięte
Central part of a leaf under higher magnification (c. 230 $\times$).
Lignified membranes black. Chloroplasts omitted

nych, około 10 razy dłuższych niż szerszych, z rzadka poprzedzielanych komórkami krótkimi o długości równej szerokości (fig. 4). Szparki powietrzne znajdujące się na górnej stronie liścia posiadają wymiary od 33 — 52,8 μ . Wahania długości komórek szparkowych w obrębie jednego liścia nie przekraczają 10 μ . Zewnętrzne brzegi liścia opatrzone są pasami sklerenchymy. Żdźbło posiada gruby walec sklerenchymy (fig. 2), wśród której pod epidermis symetrycznie rozłożone są partie miększu asymilującego, a głębiej — wiązki sitowo-naczyniowe opasujące jednym wieńcem kanał środkowy, wyścielony komórkami o cieńszych ścianach i większym światłem. Partie miększu leżą na przemian z wiązkami sitowo-naczyniowymi. Żdźbło otoczone jest w dolnej części pochwą, która wyżej przechodzi w blaszkę liścia łodygowego. Pochwa ta ma budowę charakterystyczną dla liścia. Posiada nerw główny, utworzony przez żebro sklerenchymatyczne i wiązkę sitowo-naczyniową, oraz około 16 — 18 wiązek umieszczonych w mostkach sklerenchymatycznych wokół żdźbła.

Kwiatostan zwarty, jajowaty lub rzadziej krótkocyldryczny od 10 — 24 mm długi i od 6 — 12 mm szeroki. Kłoski najczęściej dwukwiatowe (fig. 5), nabiegłe fioletowo. Plewy górna i dolna jednonerwowe

(fig. 6). Górna (b) większa od dolnej (a) bardzo słabo owłosione. Plewka dolna (fig. 7b) owalna, na szczycie trójzębna 3 lub 6-nerwowa. Ząb środkowy przechodzi w oś około 1,5 mm długą. Zęby boczne krótsze, bez ości lub z bardzo krótkimi ościami. Plewka górna dwunerwowa (fig. 7a). Plewy i plewki szorstko owłosione, zwłaszcza na brzegach i nerwach. Kwiaty są obupłciowe. Słupek posiada dwa owłosione znamiona rozdzielone od nasady (fig. 8). Pyłek normalnie płodny. Ziarna pyłku (fig. 9) mają kształt kulisty lub lekko owalny. Średnica ziarn pyłku waha się od 33—39,6 μ .

Pod względem morfologicznym i systematycznym gatunek *Sesleria tatrae* Deyl naj-

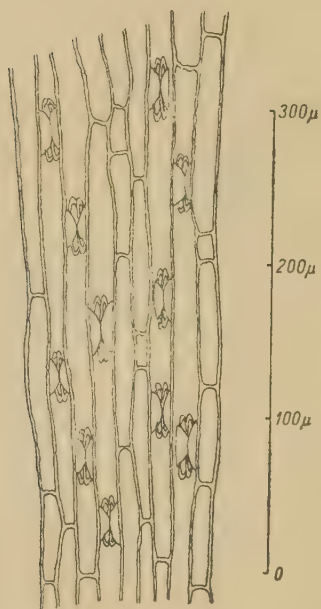


Fig. 4. Fragment górnej epidermis liścia. Widoczne z rzadka występujące komórki krótkie pomiędzy normalnymi długimi komórkami epidermis. Podobne komórki występują również w epidermis *S. coerulans*

Epidermis of the upper surface of a leaf of *S. tatrae*. Note the short cells occurring in a limited number among the normal elongated epidermis cells. Similar short cells occur also in the epidermis of *S. coerulans*

bardziej jest zbliżony do gatunku *Sesleria coerulans* Friv. (*S. Bielzii* Schur. według klucza *Rośliny Polskie* 1953). Dlatego konieczne jest zestawienie porównawcze wyników badań morfologicznych z cechami podanymi w pracy Deyla *Study of the genus Sesleria* (tabelka 2). W ze-

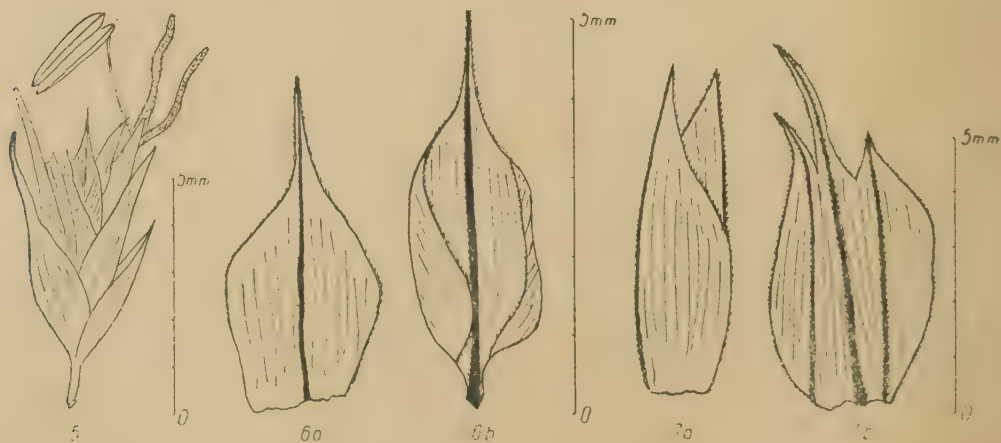


Fig. 5—7. 5 — pokrój kłoska, 6 — plewy: a) dolna, b) górna, 7 — plewki: a) górna, b) dolna

5 — spikelet of *S. tatrae*, 6 — inferior (a) and superior (b) glume, 7 — palea (a) lemma (b)

stawieniu tym uwzględniono również wyniki badań egzemplarzy zielnikowych z Karpat wschodnich i Transylwanii.

Tabela 2

Zestawienie porównawcze cech *Sesleria tatray* i *S. coerulans* według klucza Deyla oraz obserwacji własnych

	Zakres wahań wg Deyla		Wyniki stwierdzone na badanym materiale				
	<i>S. coerulans</i>	<i>S. tatray</i>	Tatry	Szpyć	Siedmiogr.	Czarna Hora	Karp. pokuc.
Cechy liści							
Szerokość	1,5-2,5 mm	2,5-4 mm	2-4,5 mm	3,5-4,5 mm	1,5-3 mm	1,5-2,5 mm	2-4 mm
Ilość wiązek sitowo-naczyn.	13-15	11-19	12-19	17	17	14	20
Długość kom. szp. epidermis górn.			M-43,9	M-41,4	M-46,9	M-50,5	M-51,1
Cechy kwiatostanów							
Długość wiechy	15-20 mm	12-30 mm	10-23 mm	-25 mm	18 mm	16 mm	15-18 mm
Szerokość wiechy	ok. 10 mm	ok. 9 mm	6-12 mm	8 mm	14 mm	11 mm	12 mm
Długość plew (Paleae)	4-10 mm		5-6 mm	4-6 mm	6,2 mm	5 mm	6 mm
Długość ości plewki dolnej (arista glumae)	2-4 mm	0,5-2 mm	ok. 1 mm	1,8-2,1	2,2 mm	1,2-1,6 mm	2,0-2,8 mm
Długość ości plewki górnej (arista glumellae)	0,5-1,5 mm		0,0-0,3 mm	1 mm	0,0-0,2 mm	0,0-0,2 mm	0,0-0,3 mm

Z wyników i zestawienia (tabelka 2) widać, że materiał zebrany w Tatrach należy niewątpliwie do gatunku *Sesleria tatray* Deyl, chociaż okazy tatrzańskie w niektórych cechach wykazują wahania w szerszych granicach, niż to określa klucz Deyla. Cechy *Sesleria coerulans* (materiał z Karpat wschodnich) w zestawieniu z *Sesleria tatray* omówione zostaną w części dyskusyjnej.

Okazy *Sesleria tatray* zebrane w Tatrach rosły wyłącznie na podłożu wapiennym. W jednym ze stanowisk (górną część doliny Jaworzynki w pobliżu Przełęczy między Kopami) rośliny te rosły wśród gęstego kobierca torfowców. Najliczniej *S. tatray* występuje na halach, zwłaszcza na stromych zboczach i skałach wapiennych. Nigdzie nie spotkano jej poniżej 1100 m. Okazy występujące najniżej zebrano w dolinie Jaworzynki, na Boczaniu i w Wąwozie Kraków. Charakterystyczne jest, że *Sesleria tatray* zjawia się nagle masowo na wysokości 1400 — 1500 m.

Jak zaznaczono na wstępie, M. D e y l wysunął ciekawą koncepcję na temat powstania gatunku *Sesleria tatrae*. Przypuszcza on, że gatunek ten powstał przez skrzyżowanie *S. calcaria* z *S. coerulans*. Porównanie liczb



Fig. 8. Słupek z dwoma łuszczkami (*lodiculae*), pow. 10 ×
Pistil with two *lodiculae* (10 ×)

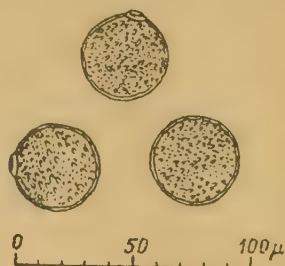


Fig. 9. Ziarna pyłku, pow. 300 ×
Pollen grains of *S. tatrae* (300 ×)

chromosomowych tych trzech gatunków mogłoby rzucić światło na ten problem. Ponieważ jednak żywe okazy *Sesleria coerulans* były mi niedostępne, na skutek czego nie mogłem ustalić liczby chromosomów, sięgnąłem do metod pośrednich. Metodą taką jest pomiar długości komórek szparkowych. W szeregu wypadków bowiem ustalono, że długość komórek szparkowych jest proporcjonalna do stopnia poliploidalności roślin (B l a k e s l e e 1941). Na podstawie pomiarów wy-

konanych na własnym materiale z Tatr ustaliłem średnie długości komórek szparkowych, które wynoszą od $36,06 \mu$ — $47,68 \mu$ wahając się znacznie u różnych osobników (tabela 4). Jako materiał porównawczy posłużyły mi okazy zielnikowe z terenów, na których występuje *S. coerulans*. Zbadane okazy zielnikowe z Zielnika Instytutu Botanicznego UJ zestawione są na tabeli 3.

Zbadane okazy zielnikowe wykazują również znaczne różnice w średnich długościach komórek szparkowych. Długości te wynoszące od 41 — $51,1 \mu$ (wartości średnie) pokrywają się częściowo z wynikami osiągniętymi na materiale tatrzańskim, a nawet przewyższają je w dwóch przypadkach (tabela 4). Pomiar porównawczy szparek *Sesleria calcaria* wykonano na materiale E. Bieleckiego, który stwierdził u tego gatunku liczbę chromosomów tetraploidalną ($2n = 28$). Wykazały one o wiele niższe średnie długości ($M = 28.05$ — 33.0). Moje własne wyniki nad *S. tatrae* pozwoliły ustalić oktaploidalną liczbę chromosomów ($2n = 56$). Z porównania wymiarów szparek wynika, że *S. coerulans* nie różni się pod względem liczby chromosomów od *S. tatrae*, a w każdym razie liczba ta nie jest mniejsza.

Tabela 3

Zbadane okazy z Zielnika Instytutu Botanicznego UJ

Nr 1	<i>Sesleria coerulans</i> F r i v. Bielzii Pożyżewska, Ogród Błońskiego ze Szpicy przesadzono (1850 m) 5.X.1911. — Huppenthal
Nr 2	<i>Sesleria coerulans</i> F r i v. (Flora 1836) <i>S. marginata</i> Grieseb. <i>S. Bielzii</i> Schur. In Transilvaniae septentrionalis alpinis Rodnensibus versus apices Bucovinae Jul. 1862 — Janka
Nr 3	<i>Sesleria coerulea</i> A r d. „Pop Iwan“ w Czarnej Horze 27.VIII.1875 — A. Ślodziński
Nr 4	<i>Sesleria coerulans</i> F r i v. (Rośliny Polskie) Karpaty Pokuckie. Piaskowce. Kraina alpejska Grzbiet graniczny Turkuła VIII.1911. — M. Raciborski

STUDIA CYTOLOGICZNE

Wszystkie dotychczas zbadane gatunki *Sesleria* posiadają liczby chromosomów euploidalne o liczbie podstawowej $x = 7$. W toku pracy nad *S. tatrae* zbadalem cytologicznie 22 rośliny z 10 stanowisk. *S. tatrae* okazała się stosunkowo wysokim poliploidem o liczbie somatycznej chromosomów $2n = 56$ (fig. 10 i 11). Jest to liczba oktoploidalna. Liczba $2n = 56$ dała się dokładnie ustalić u 6 roślin, a z przybliżeniem 1 — 3 chromosomów dla dalszych 9 przypadków. W pozostałych duże stłoczenie chromosomów uniemożliwiało dokładne liczenie i z tego też powodu trudno było zobaczyć wszystkie 56 chromosomów, lub czasem liczba ta zdawała się być wyższą. Mogło to wynikać z nierównego przecięcia komórki we wczesnej anafazie, co dawało obraz podobny do metafazy z większą ilością chromosomów. Wyniki osiągnięte na materiale *S. tatrae* z różnych stanowisk zestawione są w tabeli 5.

Mimo pewnych odchyłeń od liczby 56, co należy położyć na karb złego rozstawienia chromosomów, większość badanych płytek posiada liczbę chromosomów $2n = 56$, którą należy przyjąć dla *S. tatrae* ze wszystkich badanych stanowisk jako typową. W obrębie poszczególnych płytek stwierdziłem stosunkowo nieznaczne zróżnicowanie morfologiczne chromosomów. Wszystkie chromosomy są dwuramienne, z przewagą typu o ramionach niejednakowej długości, to znaczy z centromerem subme-

Tabela 4

Długość aparatów szparkowych w mikronach u 3 gatunków *Sesleria* (po 60 pomiarów)

Długość w mikronach	23.1	26.4	29.7	33.0	36.3	39.6	42.9	46.2	49.5	52.8	56.1	M
Material												
<i>Sesleria calcaria</i> Pieniny	1	29	29	1								28,05
<i>S. calcaria</i> Pieniny			8	44	8							33,00
<i>S. tatrae</i> Kopa Królowa				6	25	26	3					36,06
<i>S. tatrae</i> „Karczmisko“					7	34	17	2				40,37
<i>S. tatrae</i> „Karczmisko“						18	29	13				42,62
<i>S. tatrae</i> „Kominy Tylkowe“							12	28	19	1		47,02
<i>S. tatrae</i> „Piekło“							6	25	25	4		47,68
Nr 1 <i>S. coerulans</i> Szpyci 1850					2	14	40	4				42,13
Nr 2 <i>S. coerulans</i> Transylwania							13	24	20	3		46,91
Nr 3 <i>S. coerulans</i> Czarna Hora								9	25	22	4	50,65
Nr 4 <i>S. coerulans</i> Karpaty pok.								4	27	24	5	51,15

dialnym. Mniej licznie występują chromosomy równoramienne z centromerem położonym w połowie długości chromosomu. Przewężeń wtórnych ani trabantów nie stwierdziłem. Wielkość chromosomów w obrębie jednej płytki ujawnia dość znaczne różnice. Jako przykład podaję wymiary chromosomów z płytek u dwóch różnych roślin ze stanowiska X i XIV (tabela 1).

Stan. XIV. (fig. 10) Długość maksymalna 5,6 μ
 „ minimalna 2,0 μ
 szerokość 0,4 — 0,5 μ

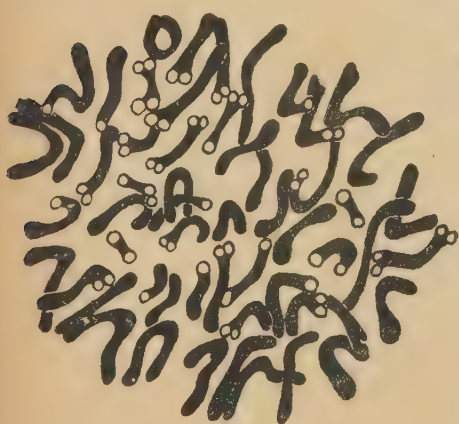
Wymiary te posiadają wartość względną, gdyż u okazów z innego stanowiska stwierdziłem nieco inne wymiary.

Stan. X. (fig. 11) Długość maksymalna 4,5 μ
 „ minimalna 2,0 μ
 szerokość 0,5 — 0,6 μ

Z różnicy tych wymiarów wynika, że wielkość chromosomów w metafazie zależy od stopnia ich spiralizacji: chromosomy słabiej zespiralizowane są cieńsze i dłuższe tak jak w pierwszym przypadku, silniej zaś zespiralizowane są krótsze a grubsze. Należy nadmienić, że oba korzonki utrwalone były o tej samej godzinie 11.30. Jako jeszcze jeden przykład może służyć płytka, w której chromosomy wykazywały maximum spiralizacji (utrwalone również o godz. 11.30).

Stan. XVII. Długość maksymalna 3,2 μ
 „ minimalna 1,6 μ
 szerokość 0,7 — 0,8 μ .

Dokładniejsze studia nad morfologią chromosomów, jak również ustalenie chromosomów homologicznych, nie dały się przeprowadzić ze względu na zbyt dużą liczbę chromosomów, a w związku z tym stłoczenie ich w płytce metafazowej.



0 10 μ



0 10 μ

Fig. 10. Somatyczna płytka metafazowa *Sesleria tatrae* (2n — 56) („Karczmisko“), pow. 3000 $\times$
 Somatic metaphase plate of *S. tatrae* (2n — 56) magnified 3000 $\times$

Fig. 11. Somatyczna płytka metafazowa *Sesleria tatrae* (2n — 56) (Kominy Tylkowe), pow. 3300 $\times$
 Somatic metaphase plate of *S. tatrae* (2n — 56) magnified 3300 $\times$

DYSKUSJA

Gatunek *S. tatrae* Deyl nie był poprzednio badany cytologicznie. Badania niniejsze wykazały, że jest to gatunek o oktoploidalnej liczbie chromosomów (2n = 56). Liczba ta jest stosunkowo wysoka, gdyż oprócz niej liczba 2n = 56 znana jest tylko dla *S. Sadleriana* (Ujhelyi i Felföldy, 1948) większość zaś dotąd badanych gatunków w obrębie tego rodzaju posiada somatyczną liczbę chromosomów 2n = 28. Przypuszczam, że *S. tatrae* ma somatyczną liczbę chromosomów 2n = 56. a więc liczbę euploidalną, gdyż liczba ta powtarzała się najczęściej

Tabela 5

Stanowisko	Liczba 2n chromosomów	Tkanka
Wąwóz „Kraków“	54 — 58	Dermatogen
	55 — 57	Peryblem
	57	Dermatogen
	56	Peryblem
„Piekło“ k/Giewontu	55 — 56	Dermatogen
	58 — 60	
	51 — 56	
	53	Peryblem
	58	Peryblem
	55 — 56	Dermatogen
Zbocze Giewontu od Doliny Strążyskiej	53	Plerom
	54	Dermatogen
	53	Dermatogen
Zbocze Giewontu od Doliny Kondratowej	53	Peryblem
Kominy Tylkowe 1620	56	Peryblem
	56	
„Karczisko“ (niższa część)	56	Peryblem
Droga do „Przełęczy między Kopami“	56	Dermatogen
Przełęcz między Kopami	ok. 56	
Droga na „Kobylarz“	ok. 56	
„Kobylarz“ (koło kosówki)	56	
Zbocze nad Halą Tomanową	ok. 56	

i w najbardziej przejrzystych płytkach metafazowych. Znane są jednak obecnie już bardzo liczne przypadki występowania liczb aneuploidalnych. Przypadki takie opisywał Mü n t z i n g (1932 i 1940) u *Poa alpina* i *Poa pratensis*, Ny g r e n (1950) u *Poa arctica* i innych. U *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. M. S k a l i Ń s k a (1952) znalazła również liczby aneuploidalne obok euploidalnych: $2n = 14, 22, 26, 28, 33, 34, 35$ oraz u *Poa granitica* B r a u n - B l. aneuploidalne liczby somatyczne od 64 — 94 chromosomów (badania niepublikowane). Jest rzeczą charakterystyczną, że w obu przypadkach aneuploidalność związana była z pewnymi anomaliami w rozmnażaniu: mianowicie *Poa alpina* była żyworodna, okazy zaś *Poa granitica* — apomiktyczne. Badania H. J u h l (1953) wykazały u *Agrostis stolonifera* L. $2n = 28, 32$ i 46 a u *Festuca rubra* $2n = 42, 46$ i 64; występują tu zatem obok euploidalnych również liczby aneuploidalne; autorce nie udało się powiązać różnic morfologicznych z typem chromosomo-

wym (o sposobie rozmnażania się tych roślin aneuploidalnych w pracy nie ma wzmianki). Przypuszczenie jednak, że *S. tatrae* posiada taką liczbę chromosomów wydaje mi się z powodów, które wyżej przytoczyłem, bardzo mało prawdopodobne.

Odnosnie stanowiska systematycznego należy zaznaczyć, że *S. tatrae* Deyl, należąca do grupy gatunków wysokogórskich, figurowała do niedawna w literaturze polskiej i obcej jako *S. Bielzii* Schur (*Flora Polska* 1919) zbliżona do *S. coerulans*, lecz nie identyczna z tym gatunkiem. Natomiast M. Deyl uważa obie wyżej wymienione nazwy gatunkowe za synonimy (1937 r.). Na podstawie badań morfologicznych i ekologicznych badacz ten wyodrębnił z gatunku *S. coerulans* Friv. (*S. Bielzii* Schur) nowy gatunek *Sesleria tatrae* Deyl. Gatunek ten w kluczu *Rośliny Polskie* 1953 r. zajął miejsce dawnego gatunku *S. Bielzii*; obecnie figurujący tam gatunek *S. Bielzii* Schur uznany jest jako równoznaczny z *S. coerulans* Friv. Być może występuje on we wschodniej części polskich Karpat. *S. tatrae* posiada w Europie według Deyla dwa centra występowania: 1) Alpy południowo-wschodnie i 2) Tatry. *S. coerulans* występuje tylko w Karpatach wschodnich, w Siedmiogrodzie i na Bałkanach. Studiując egzemplarze zielnikowe *Sesleria* z terenów Karpat wschodnich (gdzie według Deyla występuje tylko *Sesleria coerulans*) stwierdziłem, że niektóre egzemplarze istotnie przedstawiają ten gatunek (tabela 2, nr 3. „Pop Iwan“ w Czarnej Horze i nr 4. „Grzbiet Turkuła“ w Karpatach, pokuckich). Co do innych jednak, trudno zając zdecydowane stanowisko, gdyż pewne ich cechy wykształcone są jak u *S. tatrae* (szerokość liści, ilość wiązek sitowo-naczyniowych, długość plew, długość i szerokość kwiatostanu), inne zaś zbliżają się do *S. coerulans* (długość plewki dolnej i górnej). Nawet zresztą okazy, które określiłem jako *S. coerulans*, nie wykazują ścisłego skorelowania cech (tabela 2). Na ogół wyniki niniejszych badań pozwalają przypuszczać, że rozgraniczenie między *S. tatrae* i *S. coerulans* jest mniej wyraźne, niżby to wynikało z pracy Deyla. Można to jednak tłumaczyć zbyt skąpym materiałem użytym do badań (pojedyncze okazy z poszczególnych stanowisk). Według Deyla gatunek *S. tatrae* wykazuje zarówno pod względem morfologicznym jak i ekologicznym cechy pośrednie między *S. coerulans* Friv. a *S. calcaria* Opiz (syn. *S. varia* Wettst.). Na przykład *S. tatrae* posiada zdolność rośnięcia na kwaśnych glebach (podobnie jak *S. coerulans*), ale tylko na podłożu wapiennym (jak *S. calcaria*). Owłosienie plew i plewek jest pośrednie między obu gatunkami. Te i inne cechy pośrednie doprowadziły Deyla do przypuszczenia, że *S. tatrae* powstała przez skrzyżowanie *S. calcaria* z *S. coerulans*. Tabela 3 wskazuje, że długości komórek szparkowych *S. tatrae* są również pośrednie między *S. calcaria* a niektórymi okazami *S. coerulans*. Zarówno szparki *S. tatrae* jak i domniemanych okazów *S. coerulans* wykazują dość znaczne wahania dłu-

gości, które na znacznej przestrzeni pokrywają się ze sobą; jednak skala wahań szparek *S. coerulans* przesunięta jest bardziej w kierunku większych długości. Liczni badacze przyjmują długość szparek za kryterium do oceny stopnia poliploidalności (B l a k e s l e e 1941). W pracy niniejszej posłużyłem się również tą metodą dla zorientowania się w przypuszczalnym typie chromosomowym *S. coerulans*. Wymiary szparek 3 gatunków *Sesleria* przedstawiają się następująco:

<i>S. calcaria</i>	$2n = 28$	dług. kom. szp.	23—36 μ
<i>S. tatrae</i>	$2n = 56$	„ „ „	33—52 μ
bardziej typowa			
<i>S. coerulans</i>	$2n = ?$	„ „ „	46—56 μ
mniej typowa			
<i>S. coerulans</i>	$2n = ?$	„ „ „	36—52 μ

Z zestawienia tego widać, że u *Sesleria tatrae* wraz z wyższą liczbą chromosomów w stosunku do *S. calcaria* idą w parze większe komórki szparkowe. Niektóre ze zbadanych okazów *S. coerulans* (nr 1 i 2) posiadają komórki szparkowe mniej więcej tej samej długości co *S. tatrae*, można więc przypuścić, że posiadają tę samą liczbę chromosomów, to jest $2n = 56$. Wobec tego przypuszczenie D e y l a, że *S. tatrae* jest mieszańcem między *S. calcaria* ($n = 14$) a *S. coerulans* ($n = 28?$) nie znajduje potwierdzenia w domniemanej liczbie chromosomów. Być może, że bardziej pierwotne formy *S. coerulans* posiadały $2n = 28$, a dopiero w wyniku ewolucji nastąpiło podwojenie liczby chromosomów. Takie właśnie przypuszczenie wysunęli U j h e l y i i F e l f ö l d y (1948) odnośnie pochodzenia *S. Sadleriana*, która według tych badaczy powstała przez podwojenie liczby chromosomów *S. calcaria*. Przykłady takiego powstawania nowych gatunków autopoliploidalnych znane są w literaturze. Pojawianie się autopoliploidów w przyrodzie jest zjawiskiem dość częstym, lecz nie zawsze prowadzi do powstania nowego gatunku. Jako przykład podam tu tylko badania L e w i t s k y' e g o i K u ż m i n e j (1927), którzy znaleźli u *Festuca ovina* $2n = 14, 28, 42$ i 70 chromosomów, a więc w obrębie gatunku typy di-, tetra-, hexa- i dekaploidalne. Przykładem dwóch gatunków, z których jeden jest diploidalny a drugi jest jego autotetraploidem jest *Dactylis Aschersoniana* $n = 7$ i *D. glomerata* $n = 14$. Są to gatunki wyraźnie różne pod względem ekologicznym (M ü n t z i n g 1937). Powracając do sprawy pochodzenia *S. tatrae* można przypuścić, że powstała ona w wyniku krzyżowania *S. calcaria* z *S. coerulans*, ale jeszcze w jej fazie tetraploidalnej i w następstwie zaburzeń meiotycznych podwoiła liczbę chromosomów do $2n = 56$. W tym przypadku allooptoploidalna *S. tatrae* byłaby amfidiploidem w stosunku do tetraploidalnych gatunków wyjściowych. Znane są już obecnie liczne przykłady powstania no-

wych gatunków przez amfidiploidalność. Jednym z pierwszych jest *Primula Kewensis* ($2n = 36$), która powstała drogą podwojenia liczby chromosomów u mieszańca *P. floribunda* $\times$ *P. verticillata* ($2n = 18$) (Newton i Pellew 1929 cytowane według Skalińskiej 1939). Innym przykładem jest powstanie tetraploidalnego gatunku *Aquilegia Janczewskii* po skrzyżowaniu diploidalnej *A. chrysantha* z *A. flabellata* (Skalińska 1935). Zarówno *P. Kewensis*, jak *A. Janczewskii* są przykładem allotetraploidów powstałych w wyniku sztucznego krzyżowania. Znane są jednak również gatunki naturalne, które powstały w wyniku podwojenia liczby chromosomów po spontanicznym krzyżowaniu. Gatunkiem takim jest *Galeopsis tetrahit* ($2n = 32$), który udało się Müntzingowi (1930—1932) odtworzyć w doświadczeniu przez skrzyżowanie *G. pubescens* z *G. speciosa* ($2n = 16$). Około roku 1870 pojawiła się na południowym wybrzeżu Anglii *Spartina Townsendii* ($2n = 126$), która, jak wykazała analiza Huskinsa (1931), powstała prawdopodobnie po skrzyżowaniu *S. stricta* ($2n = 56$) z *S. alterniflora* ($2n = 70$). Odnosnie *S. tatrae* należy zaznaczyć, że sprawy jej pochodzenia nie można uważać za ostatecznie rozstrzygniętą. Nie jest wykluczone bowiem, że powstała ona, podobnie jak przypuszczalnie powstały *S. calcaria* i *uliginosa* (E. Bielecki w druku), przez zróżnicowanie morfologiczne w obrębie jednego typu chromosomowego. Pewne światło na problem pochodzenia *S. tatrae* i *S. coerulans* mogłyby rzucić badania nad ich rozmnażaniem, znane są bowiem przypadki, w których trawy o wyższych liczbach chromosomów, zwłaszcza pochodzenia mieszańcowego, są apomiktyczne.

Należy tu zaznaczyć, że dotychczas nie było w ogóle badań embriologicznych nad jakimkolwiek gatunkiem rodzaju *Sesleria*. Z tego względu dalsze badania nad *S. tatrae* powinny dotyczyć tego problemu.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

Badania niniejsze dotyczyły górskiego gatunku *Sesleria tatrae* Deyl.

1. Studia morfologiczne przeprowadzone na roślinach z różnych stanowisk stwierdziły, że w polskich Tatrach występuje tylko jeden gatunek rodzaju *Sesleria*, a mianowicie *S. tatrae* Deyl.

2. Badania cytologiczne pozwoliły stwierdzić, że *Sesleria tatrae* jest oktoploidem o liczbie somatycznej chromosomów $2n = 56$.

3. Porównanie długości aparatów szparkowych *Sesleria tatrae* ($2n = 56$), *S. coerulans* ($2n = ?$) i *S. calcaria* ($2n = 28$) pozwoliło stwierdzić, że tetraploidalny gatunek posiada szparki mniejsze od oktoploidalnej *S. tatrae*. Poszczególne osobniki *S. coerulans*, której liczba chromosomów jest dotąd nieznana, posiadają szparki odpowiadające wielkością szparkom *S. tatrae* lub je przewyższają. Pozwala to przypuszczać, że liczba chro-

mosomów *S. coerulans* nie jest niższa niż *S. tatrae*. Z tego powodu nie można przyjąć, że współczesne formy *S. coerulans* i *S. calcaria* mogły przez skrzyżowanie wytworzyć — zgodnie z hipotezą M. Deyla — *S. tatrae*.

Praca niniejsza została wykonana w zakładzie Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Kierownikowi Zakładu, prof. dr M. Skalińskie j składam gorące podziękowanie za okazaną życzliwość oraz cenne rady i wskazówki.

Katedra Botaniki Ogólnej U. J. w Krakowie

(Wpłynęło dn. 5.VIII.1954 r.)

SUMMARY

The present paper gives the results of morphological, anatomical and cytological studies in *Sesleria tatrae* Deyl, a grass species frequently occurring in the limestone part of the Tatra Mts. Detailed comparative morphological and anatomical studies of specimens originating from a variety of natural habitats permit to state that in the Polish part of the Tatra Mts the genus *Sesleria* is represented by only one species, viz. *S. tatrae*. This species has been separated from *S. coerulans* Friv. (*S. Bielzii* Schur) by Deyl who gave it the rank of a species on the basis of both morphological features and its ecological requirements.

The somatic chromosome number of *S. tatrae*, established for the first time in the course of the present work, is 56. According to the results of cytological investigations of Avdulov (1928, 1931), Kattermann (1930), Ujhelyi and Felföldy (1948), as well as of Bielecki (in the press), the basic chromosome number of the genus *Sesleria* is 7, thus *S. tatrae* is an octoploid species.

In 1946 Deyl expressed the opinion that *S. tatrae* could have arisen in the way of crossing of *S. coerulans* with *S. calcaria* Opiz. The validity of this hypothesis should be tested by cytological studies of the two putative parent species. *S. calcaria* represents a tetraploid species ($2n = 28$). On the other hand, the chromosome number of *S. coerulans* still remains unknown, since neither living specimens of this species nor seeds could be obtained in the course of the present studies. Therefore the estimation of the chromosomic type of *S. coerulans* was based on a comparison of the stomata length of the three species, measured on leaves of herbarium specimens. The values obtained for the tetraploid species *S. calcaria* ($M = 28.05 - 33 \mu$) are low than those of the octoploid *S. tatrae* ($M = 36.06 - 47.68$) and of *S. coerulans* ($M = 42.13 - 51.15$). In the specimens investigated the respective values show some degree of variability (Table 4) but on the whole the stomata length of *S. coerulans* corresponds or slightly exceeds that of *S. tatrae*. Thus, the chromosome number of *S. coerulans* does not seem to be lower than that of *S. tatrae*. The above details do not afford evidence in favour of the assumption of Deyl concerning the putative hybrid origin of *S. tatrae*. In view of a high degree of morphological similarity of this species to *S. coerulans*, the possibility of a different mode of its origin should be also taken into consideration, namely that of a common origin of these

two species; they could have arisen in the way of divergence, their morphological differentiation connected with a geographic separation resulting in the formation of two closely related species.

The present investigations have been carried out in the Department of General Botany, University of Krakow. The writer expresses his deep gratitude to the Head of the Department, Professor M. S k a l i ń s k a for her constant interest and for valuable advice and suggestions throughout the course of the work.

L I T E R A T U R A

- A w d u ł o w, 1931. Kariostematiczskoje issledowanie siemiejstwa złakow, Leningrad.
- B l a k e s l e e A., 1941. Effect of induced polyploidy in plants. „Am. Nat.“, 75, 117—135.
- Bielecki E., 1955. Badania cytologiczno-systematyczne nad *Oreochloa disticha*, *Sesleria uliginosa*, *Sesleria calcaria*. „Acta Soc. Bot. Pol.“ XXIV, str. 143—160.
- C l a u s e n J., K e c k D., H i e s e y W. M., 1945. Experimental studies on the nature of species. Carnegie Institution of Washington.
- D e y l M., 1938. Ceskije druhy rodu *Sesleria*. Praha.
- D e y l M., 1946. Study of the genus *Sesleria*. „Opera Botanica Cechica“. Prague.
- H e g i G. Illustrierte Flora von Mittel-Europa, tom I, München.
- J u h l H., 1953. Aneuploidie und Systematik bei *Agrostis stolonifera* L. und *Festuca rubra* L. aus Schleswig-Holstein. „Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.“ LXV, 331—338.
- L e v i t s k y A. G. i K u ź m i n a N. E. 1927. Kariologiczeskij mietod w sistematikie i filogienietikie roda *Festuca*. „Trudy po prikladnoj botanikie gienetikie i sielekciji“ tom XVII, str. 3—32.
- M ü n t z i n g A., 1937. The effects of chromosomal variation in *Dactylis*. „Hereditas“ 23, str. 113—235.
- S k a l i ń s k a M., 1935. Cytogenetic investigations of an allotetraploid *Aquilegia*. „Bull. Acad. d. Sc.“ Ser. B., 33—63.
- S k a l i ń s k a M., 1939. Genetyka. Warszawa.
- S k a l i ń s k a M., 1952. Cyto-ecological studies in *Poa alpina* L. var. *vivipara* L. „Bull. Acad. d. Sc.“, Ser. B., 253—283.
- S z a f e r W., „Flora Polska“, tom I, Kraków.
- S z a f e r, K u l c z y ń s k i, P a w ł o w s k i, 1924. Rośliny Polskie.
- S z a f e r, K u l c z y ń s k i, P a w ł o w s k i, 1953. Rośliny Polskie.
- U j h e l y i i F e l f ö l d y, 1948. Cyto-taxonomical studies of *Sesleria Sadleriana* Janka and *S. varia* (Jacq.) Wettst. „Archiva biologica Hungarica“, Series II, vol. 18, p. 52—58.

Studia cytologiczno-morfologiczne nad *Phleum commutatum* z Tatr

Cyto-morphological study in Phleum commutatum from the Tatra Mts

T. MICHALSKI

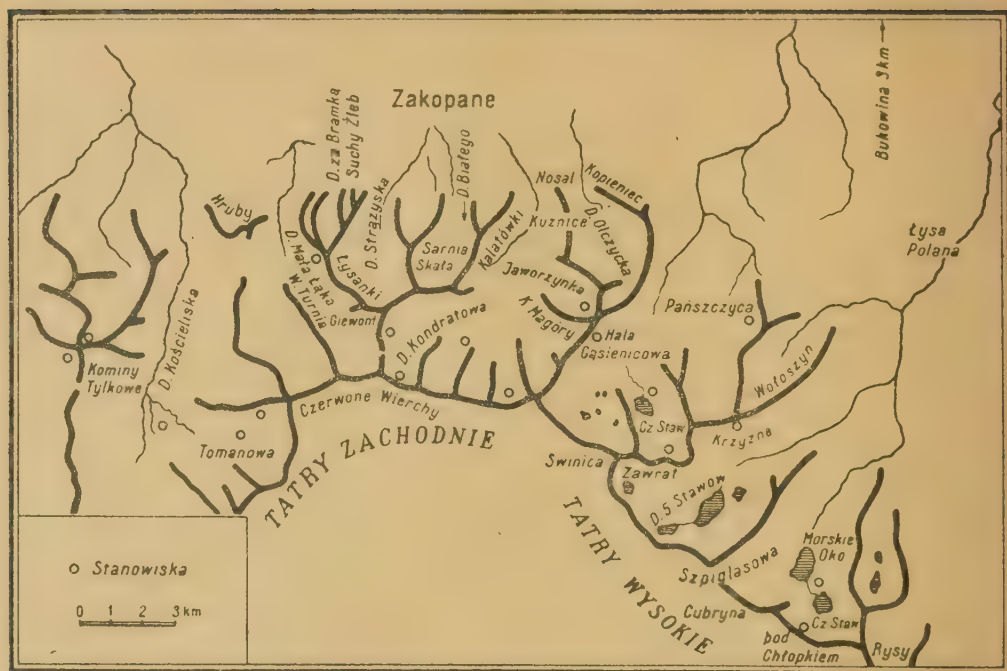
WSTĘP

Tematem pracy niniejszej są badania cytologiczne i morfologiczne nad *Phleum commutatum* G a u d. występującym na terenie Tatr. Gatunek ten, którego okazy figurują najczęściej w zielnikach pod nazwą *Phleum alpinum* L., zasługuje na specjalną uwagę z tego względu, że według pewnych autorów zasięg właściwego *Ph. alpinum* nie rozciąga się tak daleko na wschód. Szwedzka badaczka N o r d e n s k i ö l d (1945) określiła pewne zielnikowe okazy z Tatr (na przykład S t e c k i e g o i W i r s t l e i n o w e j, 1911) jako *Ph. commutatum* G a u d., wprowadzając dla nich tę nazwę gatunkową zamiast nazwy *Ph. alpinum* L. Rozprzestrzenienie obu gatunków wiąże ta autorka nie tylko z cechami morfologicznymi, ale również z różnicą w liczbach chromosomów. *Phleum alpinum* L. jest diploidem, natomiast dla *Ph. commutatum* podaje autorka liczbę tetraploidalną ($2n = 28$). *Ph. commutatum* badane było dotąd na okazach pochodzących z północy oraz z Alp; w związku z tym wysunęło się zagadnienie, czy w innych partiach jego zasięgu gatunek ten reprezentowany jest przez ten sam typ chromosomowy co na północy oraz czy właściwe *Ph. alpinum* L. istotnie nie występuje w Tatrach.

Zbadanie morfologiczne licznych okazów tatrzańskich doprowadziło mnie do wniosku, że przedstawiają one *Ph. commutatum* zgodnie z danymi N o r d e n s k i ö l d; natomiast roślin, które by pod względem cech morfologicznych odpowiadały *Ph. alpinum*, w zebranym materiale nie udało mi się znaleźć. Jednakże w przeciwieństwie do badanych przez N o r d e n s k i ö l d okazów ($2n = 28$) materiał tatrzański przedstawiał wyłącznie typ diploidalny ($2n = 14$).

MATERIAŁ DO BADAŃ I METODY

Żywe rośliny, które później określiłem jako *Ph. commutatum* G a u d., zbierałem z terenów tatrzańskich w lecie 1953 r. Badania przeprowadzałem na obszarze zamkniętym od wschodu Doliną Morskiego Oka, od za-



Ryc. 1. Mapka tatrzańskich stanowisk okazów *Phleum commutatum* zbadanych cytologicznie

Map of the Tatra Mts showing the habitats of studied specimens of *Phleum commutatum*. Solid black lines represent the main mountain ridges

chodu Kościeliską (fig. 1). Okazy zebrane były z 20 stanowisk, różniących się zarówno pod względem edaficznym, jak i klimatycznym, na terenie Tatr granitowych i wapiennych. Poszczególne osobniki różniły się od siebie bujnością oraz długością kwiatostanu. Wykaz stanowisk podaje tabela 1.

Tabela 1

Wykaz stanowisk tatrzańskich *Phleum commutatum* Gaud.

Tatry zachodnie (wapienne)

1. Dolina Jaworzynki	1100 m n.p.m.
2. Dolina Małej Łąki	1200 m „
3. Nad Smreczyńskim Stawem	1226 m „
4. Kobylarz	1340 m „
5. Hala Tomanowa	1340 m „
6. Hala Kondratowa	1345 m „
7. Hala Goryczkowa Wyżnia	1420 m „
8. Północne zbocze Kominów Tylkowych	1500 m „
9. Czerwony Żleb nad Halą Tomanową	1550 m „
10. Początek zejścia z Karczmyska na Halę Gąsienicową	1550 m „
11. Piekiełko pod Giewontem	1600 m „
12. Kominy Tylkowe	1750 m „
13. Kasprowy Wierch	1950 m „

Tatry wysokie (granitowe)

14. Dolina Pańszczycy	1300 m	„
15. Stara droga z Morskiego Oka do Czarnego Stawu	1500 m	„
16. Czarny Staw Gąsienicowy	1600 m	„
17. Droga na Granaty	1700 m	„
18. Opalone	1750 m	„
19. Droga na Krzyżne	1850 m	„
20. Spod szczytu Mięguszwieckiego	2000 m	„

Badania cytologiczne przeprowadzałem na stożkach wzrostu korzonków. Rośliny zakorzeniały się prędko i dawały liczne dorodne korzonki; utrwaląłem je w utrwalaczu Navashina stężonym lub rozcieńczonym, a następnie zatapiałem w parafinie. Grubość skrawków mikrotomowych wynosiła 10 μ . Preparaty barwiłem 0,5% roztworem wodnym fioletu gencyjowego według Newtona.

T a b e l a 2

Spis zbadanych okazów (Zielnik Instytutu Botanicznego U. J.).

Phleum alpinum L. var. *commutatum* G a u d. Beskid Zachodni. Gorce na grzbiecie górskim nad Huciskiem na łące. 14.VI.1931. S z a f e r.

Phleum alpinum var. *commutatum* Karpaty wschodnie, Góry Czywczyńskie, 15.VII.1935. P a w ł o w s k i.

Phleum alpinum var. *commutatum*. Góry Czywczyńskie. 22.VIII.1934. W a l a s t e s t e P a w ł o w s k i.

Phleum alpinum var. *commutatum* G a u d. Pasma Radziejowej, Hala pod Małą Prehybą. 1920. P a w ł o w s k i.

Phleum alpinum L. Szczyt Pilska. 19.VII.1938.

Phleum alpinum L. Tatry, Zakopane, łąki i hale. VI.1911. S t e c k i i W i r s t l e i n o w a.

WYNIKI BADAŃ MORFOLOGICZNYCH

Podstawowym zadaniem w badaniach morfologicznych było scharakteryzowanie cech kłosek występującej w Tatrach formy znanej pod nazwą *Ph. alpinum* L. Badanie morfologiczne było tu ważne; pozwoliło ono na zorientowanie się, czy cechy materiału tatrzańskiego pokrywają się ze szczegółami morfologicznymi podanymi przez H. N o r d e n s k i ö l d dla *Ph. alpinum* L., czy też zgodnie z poglądami tej autorki odpowiadają one *Ph. commutatum* G a u d. W obserwacjach nad materiałem z Tatr zwróciłem specjalną uwagę na występowanie na ościach plew jedwabisto lśniących włosków. Cecha ta jest podawana przez A s c h e r s o n a i G r a e b n e r a oraz H e g i e g o jako jedna z cech charakterystycznych dla *Ph. alpinum*. W celu zbadania tej cechy rozpatry-

wałem u poszczególnych osobników kłoski z trzech różnych wysokości kwiatostanu, a więc z jego szczytu, z partii środkowej i z jego najniższej części. W ten sposób badane były okazy z różnych stanowisk. Pod uwagę brałem również stosunek długości ości do plewy oraz kontur brzeżny kłosek. Dla każdego okazu wykonywałem rysunek takich kłosek spod lupy binokularnej ($16\times$). Owłosienie części było kontrolowane nadto pod słabym powiększeniem mikroskopu ($100\times$). Obrazy otrzymane w ten sposób porównywane były z figurami reprodukowanymi przez N o r d e n s k i ö l d. U wszystkich zbadanych okazów, z wyjątkiem jednego, który miał słabo wykształcone włoski w dolnej części ości, stwierdziłem, że ości nie mają owłosienia, lecz są z reguły pokryte charakterystycznymi dla *Ph. commutatum* tępymi ząbkami. Kontur brzeżny plew zbliżał się również do typu ustalonego przez N o r d e n s k i ö l d dla tego gatunku (fig. 2 i 3).



Ryc. 2. Kłoski dwóch tatrzańskich okazów *Phleum commutatum* G a u d.: a) z części górnej kwiatostanu, b) z części środkowej, c) z części dolnej kwiatostanu (fig. 1. Hala Tomanowa, fig. 2 Piekiełko koło Giewontu. Pow. ok. $5\times$)

Spikelets of two specimens of *Phleum commutatum*: a — from the upper part of the inflorescence, b — from middle part, c — from its lower part. Specimens from Hala Tomanowa (above) and from the glacial cirque "Piekiełko" on the slopes of Giewont (c. $5\times$)



Ryc. 3. *Phleum commutatum* G a u d. Z drogi na Granaty. Płytki metafazowa ze stożka wzrostu korzenia ($2n = 14$) *Phleum commutatum* G a u d., a root-tip metaphase of a plant growing near the road to Granaty ($2n = 14$)



0 10μ

BADANIA CYTOLOGICZNE

Zbadanie cytologiczne okazów z wymienionych w tabeli 1 stanowisk pozwoliło stwierdzić, że u wszystkich roślin występuje liczba chromosomów $2n = 14$; badane okazy zatem przedstawiały typ diploidalny (fig. 4). Niespodziewany ten wynik jest szczególnie interesujący z tego względu, że diploidalna liczba chromosomów jest tu związana z typem morfologicznym gatunku *Ph. commutatum* G a u d., który według N o r d e n s k i ö l d jest tetraploidalny. W związku z tym należy podkreślić, że Nordenskiöld w pracy swej powiązała każdy z opisanych typów morfologicznych z określonym typem chromosomowym. Jednakże otrzymane w toku niniejszych badań wyniki dowodzą, że wniosek szwedzkiej autorki nie jest do-

statecznie uzasadniony: liczba diploidalna nie występuje wyłącznie u *Ph. alpinum*, gdyż istnieją w Tatrach diploidalne formy *Phleum commutatum*.

Co się tyczy morfologii chromosomów *Phleum commutatum*, to są one z reguły dwuramienne. Centromery są zazwyczaj medialne lub submedialne, rzadziej subterminalne. Długość chromosomów w obrębie płyt wykazuje dość znaczne różnice. Długość maksymalna wynosi do $4,2\ \mu$, a długość minimalna równa się $2,1\ \mu$. U żadnego z obu zbadanych gatunków nie występują chromosomy z trabantami ani też takie, u których jedno ramię byłoby zredukowane do główki, jak na przykład u rodzaju *Crepis*, w którym to rodzaju chromosomy wykazują duży stopień asymetrii (B a b c o c k).

DYSKUSJA

Materiały z poprzednich badań nad *Phleum alpinum* i *Ph. commutatum* pochodziły z następujących terytoriów:

Ph. alpinum (2n—14)

z Niemiec (G r e g o r i S a n s o m e, 1931)¹
ze Szwajcarii — Zürich (M ü n t z i n g 1935, N o r d e n s k i ö l d 1945)

Ph. commutatum (2n—28)

z gór Szkocji — jako *Ph. alpinum* tetraploid (G r e g o r i S a n s o m e, 1931)
ze Szwecji z gór Laplandii (N o r d e n s k i ö l d, 1945)
ze Szwajcarii — Arosa (N o r d e n s k i ö l d, 1945).

Jak widać z powyższego zestawienia, G r e g o r i S a n s o m e byli pierwszymi badaczami, którzy ustalili liczbę chromosomów dla *Ph. alpinum* w starym systematycznym ujęciu: stwierdzili oni w obrębie tego gatunku zbiorowego istnienie form diploidalnych i tetraploidalnych, nie powiązali oni jednak cech morfologicznych badanych roślin z ich typem kariologicznym. Natomiast N o r d e n s k i ö l d (1945) na podstawie połączonych morfologicznych i cytologicznych studiów doszła do wniosku, że obie te formy różnią się pewnymi cechami i że każda z nich przedstawia odrębny typ chromosomowy (*Ph. alpinum* $2n = 14$, *Ph. commutatum* $2n = 28$). Na tej podstawie przeprowadziła ona, zgodnie z koncepcją H y l a n d e r a (1941), rozgraniczenie pomiędzy diploidami a tetraploidami, uznając je za odrębne gatunki: *Ph. alpinum* L. i *Ph. commutatum* G a u d. Jednakże badania niniejsze wykazały, że nie zawsze można

¹ Pochodzenie tego materiału podanego przez autorów jako szwedzki, wyjaśnia N o r d e n s k i ö l d (1937).

z typu morfologicznego rośliny wnosić o jej budowie kariologicznej: występujące w Tatrach okazy mają cechy morfologiczne zgodne z tetraploidalnym *Ph. commutatum* z północy, jednak liczbę chromosomów mają diploidalną jak *Ph. alpinum* L., które nie występuje na badanym przez mnie terenie.

W związku z powyższymi wynikami wysuwa się zagadnienie, czy rozdzielenie *Ph. alpinum* L. na dwa odrębne gatunki, jak to uczyniła w ślad za H y l a n d e r e m (1941) N o r d e n s k i ö l d, ma dostateczne uzasadnienie. Wyróżnienie przez G a u d i n a varietas *commutatum* oparte jest na drobnych różnicach morfologicznych: A s c h e r s o n i G r a e b n e r mówią (str. 144), że plewy a przeważnie („meist“) ości *Ph. alpinum* L. są pokryte długimi włoskami. Natomiast zdaniem K o c h a (cytowane według A s c h e r s o n a i G r a e b n e r a) ość ma wiele przejść, od zupełnie nagiej do gęsto owłosionej. Słuszność wypowiedzi K o c h a potwierdzałoby znalezienie w moim materiale wzmiankowanego poprzednio jednego osobnika, którego ości plew pokryte były w dolnej części dosyć wyraźnymi włoskami. Typ kariologiczny tego osobnika nie odbiegał jednak od ogólnie stwierdzonego.

Omówione drobne różnice morfologiczne nie wydają się być zatem wystarczającym kryterium dla podniesienia *Ph. alpinum* var. *commutatum* do rangi odrębnego gatunku. Jednakże N o r d e n s k i ö l d wysunęła dwie dalsze różnice: odmienny typ chromosomowy u *alpinum* i *commutatum* oraz różnice w rozmieszczeniu geograficznym. Pierwsza z tych obu różnic okazała się nieistotna, wobec występowania diploidalnego typu *Ph. commutatum* w Tatrach. Druga jednak zasługuje na szersze omówienie. Według N o r d e n s k i ö l d *Ph. commutatum* ma znacznie szerszy zasięg niż *Ph. alpinum*. Do tego gatunku zalicza szwedzka badaczka cały materiał z Europy (Fenoskandii, Szkocji, Grenlandii, Islandii, wysp Faroe) oraz z północnych części Ameryki pñ. i Azji. Drugie centrum rozmieszczenia według tej autorki ma *Ph. commutatum* w górach Europy środkowej — w Alpach, w wysokogórskich stanowiskach, w Karpatach i innych górach kontynentu europejskiego.

Natomiast zasięg *Ph. alpinum* według N o r d e n s k i ö l d jest o wiele więcej ograniczony. Gatunek ten nie występuje na północy, a głównym miejscem jego rozmieszczenia są Alpy, gdzie jednak nie sięga tak wysoko jak *Ph. commutatum*. Rozmieszczenie geograficzne i częściowo ekologiczne wykazuje u *Ph. commutatum* i *Ph. alpinum* istotne różnice. Z powyższego wynika również, że z obu typów tylko *Ph. commutatum* (a nie *Ph. alpinum*) wykazuje dysjunkcję arktyczno-górską.

U licznych gatunków szeroki zasięg wiąże się ze zróżnicowaniem poliploidalnym, przy czym częstym zjawiskiem jest występowanie typów o wyższych liczbach chromosomów w północnych częściach zasięgu, podobnie jak to stwierdzono dla *Ph. commutatum*. Przykładem większego

rozprzestrzenienia poliploidów wraz ze wzrostem szerokości geograficznej są badania M. Skalińskie j (1947) nad gatunkiem zbiorowym *Valeriana officinalis* z Wysp Brytyjskich. Badania te wykazały, że biotypy o 28 chromosomach występują wyłącznie w Anglii południowo-wschodniej, a biotypy o 56 chromosomach sięgają do najbardziej północnych części Szkocji. Przypuszczalnie w tych przypadkach typy o wyższych liczbach chromosomów okazały się zdolne do ekspansji w kierunku północnym, gdyż często wyższe poliploidy przedstawiają typy odporniejsze i mniej selektywne pod względem ekologicznym od diploidów i niższych poliploidów. Niekiedy jednak w obrębie gatunku wykazującego zróżnicowanie poliploidalne typ o wyższej liczbie chromosomów występuje w południowej części zasięgu. Takie rozmieszczenie stwierdził B ö c h e r (1936) u *Campanula rotundifolia*. Gatunek ten ma na północy liczbę chromosomów wynoszącą $2n = 34$, a na południu $2n = 68$. Na tej podstawie można przypuszczać, że północ była jego ojczyzną, a migracja jego miała kierunek południowy. Należy zaznaczyć, że takie zjawiska są rzadsze od poprzednich.

Ph. commutatum wykazuje śródgatunkowe zróżnicowanie cytologiczne, gdyż obejmuje biotypy diploidalne w pewnych częściach południowego zasięgu (Tatry), a biotypy tetraploidalne głównie na północy i według danych N o r d e n s k i ö l d również w Alpach. Wyższa liczba chromosomów na północy niż w Tatrach pozwala przypuszczać, że gatunek ten pochodzi z gór kontynentu europejskiego i domniemany kierunek migracji jego był z południa ku północy. Przypuszczenie to zgodne jest z koncepcją K u l c z y ń s k i e g o (1924), który traktuje *Phleum alpinum* w dawnym systematycznym ujęciu jako gatunek, który z gór Europy środkowej migrował na północ.

S T R E S Z C Z E N I E

W pracy niniejszej stwierdzono istnienie diploidalnej formy *Phleum commutatum* G a u d. na terenie Tatr.

Stwierdzenie występowania diploidalnych biotypów *Ph. commutatum* dowodzi, że jest to gatunek, który ma kariologiczne zróżnicowanie, związane z rozmieszczeniem geograficznym, gdyż biotypy ze stanowisk północnych oraz z Alp mają, zgodnie z poprzednimi wynikami, tetraploidalną liczbę chromosomów.

Praca ta została wykonana w Zakładzie Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pani prof. dr M. Skalińskie j, kierownikowi zakładu, pragnę złożyć serdeczne podziękowanie za pokierowanie tokiem mej pracy oraz cennie rady i wskazówki.

Katedra Botaniki Ogólnej
Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie

(Wpłynęło dn. 5.VIII.1954 r.)

SUMMARY

The present paper deals with the chromosome number of *Phleum commutatum* G a u d. occurring in the Tatra Mts. The author has studied plants originating from a variety of natural habitats situated from 1100 to c. 2000 m o. s. l., both in the limestone and in the granitic part of the Tatra Mts. All plants studied were identified as *Ph. commutatum*; their morphological features agree fairly well with details given by N o r d e n s k i ö l d (1945) and by other authors for this species. Cytologically however the Tatra-plants differ distinctly from *Ph. commutatum* from other geographic areas: they are diploid ($2n = 14$) whereas *Ph. commutatum* described by Nordenskiöld represents tetraploids ($2n = 28$). It should be added that the true *Ph. alpinum* which is diploid and could be mistaken for *Ph. commutatum*, does not occur in the Tatra Mts, according to N o r d e n s k i ö l d and the author's own observations.

The occurrence of diploid biotypes of *Ph. commutatum* in the Tatra Mts and of tetraploid biotypes in other parts of the area of distribution of this species shows its differentiation into distinct geographic races with lower and higher chromosome numbers.

The present study has been carried out in the Department of General Botany, University of Krakow. I desire to express my sincere gratitude to professor M. S k a l i ń s k a, Head of the Department, for guidance during the course of the work as well as for valuable advice and suggestions.

L I T E R A T U R A

- Ascherson P. i Graebner P., 1898—1902, Synopsis der Mitteleuropäischen Flora, Leipzig.
- Babcock E. B., 1947. The Genus *Crepis* II, Univ. of Calif. „Publ. in Botany“, vol. 22.
- B ö c h e r T., 1936, Cytological studies in *Campanula rotundifolia*, „Hereditas“ 22, 269—277.
- Gregor J. W. i Sansome P. W., 1930. Experiments on the genetics of wild population II, „Journ. of Gen.“, 22, 373—387.
- H e g i G., 1906, *Illustrierte Flora von Mitteleuropa* I, München.
- Hylander N., 1941, cytowany wg Nordenskiöld.
- K u l c z y ń s k i St., 1949, cytowany wg S z a f e r a, *Zarys ogólnej geografii roślin*.
- M ü n t z i n g A., 1935, Cytogenetic studies on Hybrids between two *Phleum* species, „Hereditas“ 22.
- Nordenskiöld H., 1937, Intra- and Interspecific Hybrids of *Phleum pratense* and *P. alpinum*, „Hereditas“ 23, III, 304—16.
- N o r d e n s k i ö l d H., 1945, Cyto-genetic studies in the Genus *Phleum*, „Acta Agriculturae Suecana“ I, 1—137.
- S k a l i ń s k a M., 1947, Polyploidy in *Valeriana officinalis* L i n, in relation to its ecology and distribution, „Journ. Linn. Soc. Botany“ 53, s. 159—186
- S z a f e r, K u l c z y ń s k i, P a w ł o w s k i, 1953, *Rośliny polskie*, Państw. Wyd. Naukowe.
- S z a f e r W., 1949. *Zarys ogólnej geografii roślin*, Spółdz. Wydaw. „Czytelnik“

Badania nad liczbami chromosomów dwóch tatrzańskich gatunków rodzaju *Carduus* L.

*Studies in the chromosome numbers of two species of Carduus L.
from the Tatra Mts*

T. KAZUBOWSKA

WSTĘP

Zasadniczym zagadnieniem poruszonym w niniejszej pracy jest sprawa podstawowych liczb chromosomów u gatunków rodzaju *Carduus*. Systematycznie rodzaj *Carduus* należy do plemienia (podgrupy) *Cynareae*, wchodzącego w skład rodziny *Compositae*. W Polsce występuje siedem gatunków rodzaju *Carduus* (*Rośliny polskie* — S z a f e r, K u l c z y ń s k i, P a w ł o w s k i).

1) *Carduus nutans* L. (oset zwisły) występuje w Karpatach i prawie na całym niżu.

2) *C. acanthoides* L. (oset nastroszony) — w całej Polsce oraz w Karpatach po regiel dolny.

3) *C. crispus* L. (oset kędzierzawy) rozprzestrzeniony w całej Polsce i w niższych położeniach Karpat.

4) *C. lobulatus* B o r b. (oset klapowany tatrzański) pojawiający się rzadko na piargach i skalistych zboczach Tatr i Pienin. Gatunek endemiczny Karpat zachodnich.

5) *C. personata* (L.) J a c q. (oset łopianowaty) — zarośla, brzegi potoków w Sudetach i Karpatach od regła dolnego po krawędź koso-drzewiny.

6) *C. glaucus* B m g. (*C. defloratus* auct. polon.) (oset siny) — skaliste zbocza wapienne w Tatrach i Pieninach.

7) *C. collinus* W. K. (oset pagórkowy) rzadko pojawiający się w Pieninach na słonecznych zboczach i zrębach.

Rodzaj *Carduus* nie jest dotąd dostatecznie zbadany pod względem cytologicznym. Z gatunków wyżej wymienionych, liczby chromosomów znane są tylko u *C. crispus*, *C. nutans* i *C. acanthoides*. Gatunki te były zbadane przez P o d d u b n a j a — A r n o l d i (1931) oraz L ö v e a. L ö v e (1944), którzy stwierdzili dla dwóch pierwszych gatunków haploidalną liczbę chromosomów $n = 8$, dla trzeciego natomiast $n = 11$.

W toku niniejszej pracy ustalone zostały liczby chromosomów dla dalszych gatunków — *C. glaucus* ($2n = 22$) i *C. personata* ($2n = 22$).

MATERIAŁ DO BADAŃ I METODY

Materiał pochodził wyłącznie ze stanowisk naturalnych, z terenu Tatr. Rośliny żywe zbierane były latem 1953 r. Rośliny wykopane z naturalnych stanowisk przewożono z bryłką ziemi do Krakowa i sadzono w doniczkach. W zakorzenianiu napotykałam na duże trudności, szczególnie jeżeli chodzi o *C. personata*. *C. glaucus* natomiast zakorzeniał się łatwiej, gdy posiadał wysoką zawartość wody w glebie. Równolegle ze zbieraniem roślin żywych zbierane były także nasiona. Okazało się, że nasiona są materiałem dogodniejszym, gdyż kiełkowanie w pracowni na bibule filtracyjnej nie narażało większych trudności. Nadto płytki metafazowe by-

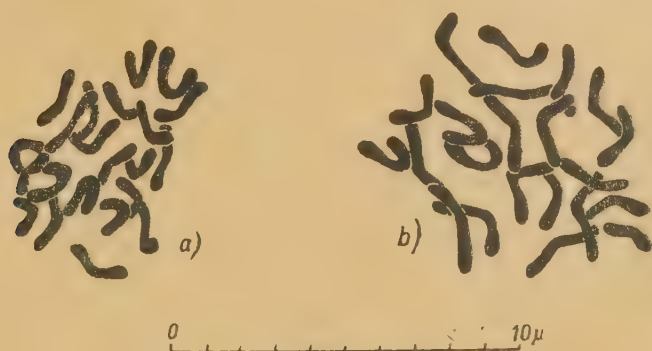
Tabela 1

Stanowiska naturalne roślin	Wys. n. p. m.
<i>Carduus glaucus</i> B m g.	
1. Dolina za Bramką	ok. 930 m
2. Ponad Doliną Strążyską — zejście z Łysanek obok Kominów Strążyskich	ok. 1200 m
3. Droga na Halę Tomanową z Doliny Kościeliskiej	ok. 1380 m
4. Kominy Tylkowe — na piargach wapiennych pod szczytem, od str. Chochołowskiej	ok. 1820 m
5. Igła Nosala	ok. 1215 m
6. Sarnie Skałki — szczyt	ok. 1375 m
7. Dolina Białego — Zameczki	ok. 913 m
8. Grzbiet Krokwi	ok. 1200 m
<i>Carduus personata</i> L. (J a c q.)	
1. Droga pod Reglami	ok. 920 m
2. Dolina Kościeliska	
a) za Bramą Kantaka	ok. 940 m
b) Kira Miętusia przy drodze	ok. 948 m
c) Nad potokiem	
3. Dolina Strążyska nad potokiem	ok. 1000 m
4. Żleb z przełęczy między Holicą a Zadnią Kopą (Czechosłowacja)	ok. 1500 m
5. Dolina Małej Łąki	ok. 1209 m

ły wyraźniejsze w korzonkach, które wykiełkowały z nasion, niż w korzonkach utrwalonych w stanowiskach naturalnych. Nasiona *C. glaucus* kiełkowały nieco trudniej od nasion *C. personata* i wymagały do wykiełkowania zaciemnienia. Materiał *C. glaucus* pochodził z 8 stanowisk, a okazy *C. personata* z 5 stanowisk. Oba badane gatunki występują wyłącznie w Tatrach wapiennych. Rozpiętość wysokości waha się od 895 — 1820 m n. p. m. (tabela 1). Do badań cytologicznych nad mitozami w stożkach wzrostu korzonków używałam utrwalacza Navashina. Korzonki utrwalane były w różnych porach dnia. Najwięcej podziałów uzyskiwałam między godziną 11 — 12. Następnie materiał był odwadniany, zatapiany i krajany na mikrotomie na 10 μ grubości. Barwiłam preparaty metodą Newtona w 0,5% roztworze wodnym fioleto gencjanowego, następnie różnicowałam olejkami goździkowym. Do obserwacji używałam soczewki immercyjnej Reicherta (101 $\times$) i okularów kompensacyjnych Zeissa 20 $\times$ i 30 $\times$. Rysunki wykonałam przy pomocy kamery rysunkowej Leitz-Abbe.

BADANIA CYTOLOGICZNE

Carduus glaucus należy do gatunków poprzednio nie badanych. Ustaliłam, że diploidalna liczba chromosomów tego gatunku wynosi $2n = 22$ (ryc. 1). Wszystkie badane okazy ogółem z 8 stanowisk (tabela 1) miały tę



Ryc. 1. Płytki metafazowe ze stożków wzrostu korzonków:
Root-tip metaphases:
a — *Carduus glaucus* (Sarnie Skalki), b — *Carduus personata* (Kira Miętusia) (4400 $\times$)

samą liczbę chromosomów. Chromosomy w obrębie płytki wykazują pewne zróżnicowanie pod względem morfologii i długości. Występują chromosomy równoramienne i nierównoramienne, liczbowo jednak przeważają chromosomy równoramienne.

Długość najmniejszych chromosomów wynosi 1,6 μ , największych 2,7 μ , najwięcej jednak występuje chromosomów o długości pośredniej, tj. ok. 2,1 μ .

Chromosomy *C. personata* (ryc. 1b) są nieco większe niż chromosomy *C. glaucus*, od 2 — 3,7 μ długie. Chromosomy tak samo jak u *C. glaucus* są zróżnicowane na równoramienne i nierównoramienne, z przewagą równoramiennych. Najliczniej występują chromosomy o długości 3 μ .

W okresie, kiedy rozpoczynałam badania, liczba chromosomów dla *C. personata* nie była jeszcze przez nikogo podawana. Ustaliłam liczbę diploidalną chromosomów dla tego gatunku $2n = 22$. Materiał pochodził z pięciu stanowisk (tabela 1). Obserwacje cytologiczne ze wszystkich stanowisk dały ten sam wynik. Po ustaleniu liczby chromosomów dla tego gatunku zapoznałam się z pracą Kai Larsena (1954), który podaje niezgodną z moimi wynikami liczbę diploidalną chromosomów dla *C. personata* $2n = 18$. Liczba podstawowa 9, podawana przez Larsena, nie była spotykana przedtem u żadnego z gatunków *Carduus*, wobec tego budzi pewne zastrzeżenia. Do sprawy tej powrócę jeszcze w dyskusji.

DYSKUSJA

Dotychczasowe badania cytologiczne gatunków rodzaju *Carduus* zestawione są poniżej wraz z wynikami pracy niniejszej.

<i>C. nutans</i> L.	$n = 8$	}	Poddubnaja — Arnoldi, 1931 Löve a. Löve, 1944 Kazubowska, 1954 " " " "
<i>C. crispus</i> L.	$n = 8$		
<i>C. acanthoides</i>	$n = 11$		
<i>C. glaucus</i>	$n = 11$		
<i>C. personata</i>	$n = 11$		
"	$n = 9$		Larsen, 1954

Oprócz wyników Larsena, które wymagają jeszcze potwierdzenia, zostały zatem stwierdzone u badanych gatunków dwie różne liczby nie stanowiące szeregu poliploidalnego, mianowicie 8 i 11.

Plemię *Cynareae*, do którego należy rodzaj *Carduus*, nie ma jednej liczby podstawowej, powtarzającej się w postaci diploidalnej lub poliploidalnej, lecz wielką rozmaitość liczb podstawowych, zarówno w obrębie poszczególnych rodzajów, jak i całej grupy. Według zestawienia w atlasie chromosomów Darlingtona i Janaki Ammal (1945), uzupełnionego nowszymi danymi, spotykamy w tym plemienu następujące liczby podstawowe:

<i>Xeranthemum</i>	$x = 6, 10$ (Poddubnaja - Arnoldi)
<i>Centaurea</i>	$x = (7), 8, 9, 10, 11, 12$ (Fritsch, Czapik R. (1954) Poddubnaja - Arnoldi, Roy, Wulff).
<i>Carduus</i>	$x = 8, 11$ (Poddubnaja - Arnoldi, Löve a. Löve, Kazubowska)
<i>Echinops</i>	$x = 8$ (Poddubnaja - Arnoldi)
<i>Carlina</i>	$x = 10$ (Lewitzky)

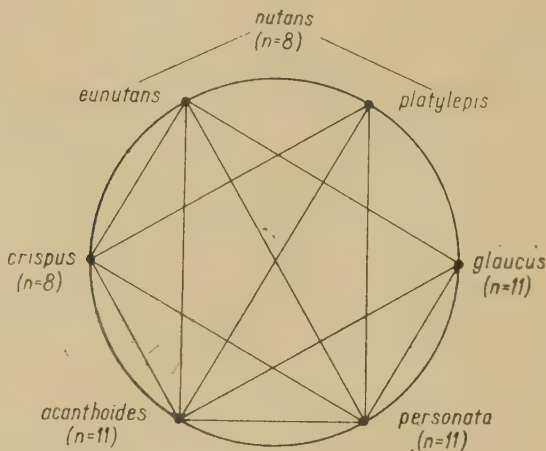
<i>Saussurea</i>	$x = 13$ (Matsuura i Suto)
<i>Serratula</i>	$x = 11, 15$ (Maude, Poddubnaja - Arnoldi)
<i>Cirsium</i>	$x = 17$ (Wulff, Poddubnaja - Arnoldi)
<i>Onopordon</i>	$x = 17$ (Poddubnaja - Arnoldi)

Liczba $x = 7$ podana przez Fritsch'a dla *Centaurea scabiosa* budzi pewne zastrzeżenia, gdyż nie została potwierdzona przez innych badaczy. Co się tyczy innych liczb, można przypuścić, że liczby niższe są tu bardziej pierwotne (na przykład u *Echinops* i u *Carduus* $x = 8$), wyższe zaś liczby (jak na przykład u *Cirsium* $x = 17$) mogą być liczbami wtórnymi. Ze zjawiskiem takim spotykamy się w rodzinie różowatych, u rodzajów *Pyrus*, *Sorbus* i *Crataegus*. Haploidalna liczba u tych rodzajów jest 17. Podstawową liczbą chromosomów dla wielu rodzajów w obrębie rodziny *Rosaceae* jest 7. Liczbę 17, charakterystyczną dla wyżej wymienionych rodzajów, można interpretować jako zjawisko poliploidalności wtórnej. Nastąpiło tutaj podwojenie liczby chromosomów ($2 \times 7 = 14$) i dodanie jeszcze trzech chromosomów ($14 + 3 = 17$). Takie wyjaśnienie liczby 17 rodzaju *Pirus* jest podane w pracy Darlingtona i Moffetta (1930). Według Müntzinga u gatunku *Poa alpina* także musiała powstać liczba podstawowa wtórna, która jest przekształceniem liczby 7 w 11. Typy 22-chromosomowe przedstawiają zatem wtórne diploidy z prawidłową koniugacją chromosomów; podobnie typy o 33 i 44 chromosomach przedstawiają wtórne tri- i tetraploidy (Skalińska, 1952). Wtórna liczba chromosomów 11 została też znaleziona przez japońską badaczkę Yasui (1937) u *Papaver somniferum*; inne gatunki w obrębie rodzaju *Papaver* mają podstawową liczbę 7, która jest tu liczbą pierwotną. Świadczy o tym fakt, że w kompleksie *P. somniferum* cztery dodatkowe chromosomy są homologiczne z czterema chromosomami z pozostałych siedmiu. Być może, iż z podobnym zjawiskiem mamy także do czynienia w rodzaju *Carduus*, u którego liczba bardziej pierwotna 8 mogła przekształcić się u niektórych gatunków w liczbę 11. Dalsze badania mogą wykazać, czy istnieją w obrębie tego rodzaju jeszcze inne liczby podstawowe. Podana przez Larsena liczba $2n = 18$ dla *C. personata* nie została potwierdzona w toku niniejszych badań.

Zgodnie z danymi z literatury (Hegi, 1928, Schafer, Kulczyński i Pawłowski, 1953) pewne gatunki w obrębie rodzaju *Carduus* mogą się ze sobą krzyżować, dając mieszańce. Poniżej zamieszczam zmodyfikowany rysunek Hegiego, przedstawiający schematycznie zdolność krzyżowania gatunków rodzaju *Carduus* (ryc. 2). W związku z tym nadmienię, że Hegi rozbija gatunek *C. nutans* na dwa podgatunki — *C. nutans* subsp. *eunutans* Gugler, oraz *C. nutans* subsp. *platylepis* Gugler. *Carduus glaucus* według Hegiego jest tylko podgatunkiem

gatunku *C. defloratus* L., do którego należy również subsp. *defloratus* Hayek jako podgatunek. W Polsce występuje tylko *C. glaucus*, który w *Roślinach polskich* (Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1953) ma systematyczną rangę gatunku.

Rysunek mój obejmuje tylko gatunki występujące w Polsce. Przy każdym z gatunków zbadanych cytologicznie zamieściłam odpowiednie liczby chromosomów. Z rysunku tego wynika, że krzyżują się pomiędzy



Ryc. 2. Zdolność krzyżowania pomiędzy gatunkami rodzaju *Carduus* (według Hegi'ego, zmodyfikowane)
Ability of inter-specific crossing within the genus *Carduus*
(After Hegi, modified)

sobą nie tylko gatunki o jednakowych liczbach, lecz również takie, które różnią się liczbami chromosomów ($n = 8$ i $n = 11$). Hegi nie podaje, czy mieszańce powyższe są płodne. Szczegóły te są ważne, gdyż w przypadku, gdyby mieszańce takie były płodne, mogłyby powstać formy z pośrednimi liczbami chromosomów.

Wykrycie mieszańców o pośrednich liczbach chromosomów, być może, zdołaloby wyjaśnić liczbę chromosomów 18, którą Larsen podaje dla gatunku *C. personata* pochodzącego z okolic Interlaken w Szwajcarii. Być może, że podane przez Larsena okazy *C. personata* przedstawiały spontaniczne mieszańce pomiędzy tym gatunkiem a jakimś gatunkiem o liczbie $n = 8$. Bezpośredni produkt skrzyżowania miałby chromosomów $8 + 11 = 19$. W następnych pokoleniach nieparzysty chromosom mógł ulec eliminacji i w ten sposób zostałaby ustabilizowana liczba 18, którą właśnie Larsen podaje dla gatunku *C. personata*.

STRESZCZENIE

Rodzaj *Carduus* był dotąd przedmiotem nielicznych badań cytologicznych. W toku pracy niniejszej zostały ustalone somatyczne liczby chromosomów dwóch gatunków — *C. glaucus* B m g. i *C. personata* (L.) J a c q. Materiał pochodził z różnych stanowisk naturalnych w Tatrach. Oba badane gatunki mają 22 chromosomy. Ta sama liczba była podana poprzednio dla *C. acanthoides* L., podczas gdy u gatunków *C. crispus* L. i *C. nutans* L. znaleziona była liczba somatyczna 16. Badania niniejsze nie potwierdziły ostatnio publikowanych wyników L a r s e n a (1954), który podał dla *C. personata* liczbę somatyczną 18.

Jak wynika z dotychczasowych badań, rodzaj *Carduus* ma co najmniej dwie liczby podstawowe, 8 i 11. Podobne zjawisko daje się stwierdzić również u innych rodzajów w obrębie plemienia *Cynareae*; niektóre z nich mają dwie, a nawet cztery liczby podstawowe, dające się interpretować jako liczby wtórne. Taką liczbę wtórną u rodzaju *Carduus* może przedstawiać liczba 11.

Praca niniejsza została wykonana w Zakładzie Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego. Pani prof. dr M. S k a l i ŋ s k i e j, kierownikowi Zakładu, gorąco dziękuję za cenne rady i wskazówki oraz za stałe zainteresowanie w toku prowadzenia badań.

Katedra Botaniki Ogólnej
Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie

(Wpłynęło dn. 5. VIII. 1954 r.)

SUMMARY

There are hitherto only a few investigations dealing with the cytology of the genus *Carduus*. The present study gives chromosome numbers of two species — *Carduus glaucus* B m g. (*C. defloratus* L., subsp. *glaucus* B m g.) and *C. personata* (L.) J a c q. The material originated from a variety of natural habitats in the Tatra Mts. According to the results obtained, the two species investigated have 22 somatic chromosomes. The same number has been found previously by P o d d u b n a j a - A r n o l d i (1931) and by L ö v e and L ö v e (1944) for *C. acanthoides* L. while the somatic chromosome number of *C. crispus* L. and *C. nutans* L. is 16, according to these authors.

The chromosome number of *C. personata* ($2n = 22$) established in the course of the present study does not agree with the recently published results of L a r s e n (1954) who reported for this species only 18 somatic chromosomes. The results of cytological investigations published hitherto suggest that the genus *Carduus* has at least two basic numbers: 8 and 11. A similar phenomenon has been observed also in some other genera within the tribe *Cynareae*; some genera have two basic chromosome numbers (*Xeranthemum*, $x = 6$ and 10, *Serratula*, $x = 11$ and 15); in *Centaurea* there are still more basic numbers (8, 9, 10, 11, 12). Some of these numbers may be regarded as secondary. It seems probable that in the genus *Carduus* 11 represents such a secondary number.

The present study has been carried out in the Department of General Botany, University of Krakow. I wish to express my sincere thanks to the Head of the Department, prof. dr. M. Skalińska for valuable suggestions and advice and for her never-failing interest in the course of my work.

LITERATURA

- Czapik R., 1954. Badania cyto-embriologiczne nad *Centaurea scabiosa* L., „Acta Soc. Bot. Pol.“, Vol. XXIII, nr 1.
- Darlington C. D. and Janaki Ammal E. K., 1945. Chromosome Atlas of cultivated plants, London.
- Darlington i Moffett, 1930. Primary and Secondary chromosome balance in *Pyrus*, „Journ. of Gen.“, T. 22 (129 — 151).
- Hegi G., Illustrierte Flora von Mittel-Europa Bd. VI/2.
- Larsen Kail, 1954. Chromosome Numbers of some European Flowering Plants. „Botanisk Tidsskrift“ Bd. 50 (163 — 174).
- Löve A. a. Löve D., 1944 Cyto-taxonomical studies on boreal plants III. „Arkiv f. Bot.“ 31 A Nr 12 p. 1—22.
- Müntzing A., 1940. Further Studies on apomixis and sexuality in *Poa*. „Hereditas“ 26 (145 — 190).
- Poddubnaja - Arnoldi, 1931. Ein Versuch der Anwendung der embryologischen Methode bei der Lösung einiger systematischer Fragen. „Beihefte zum Botanischen Centralblatt“ Band XLVIII. (141 — 171).
- Skalińska M., 1952. Cyto-ecological studies in *Poa alpina* L. var. *vivipara* L., „Bull. Acad. d. Sc. B.“ (253 — 283).
- Szafer W., Kulczyński St., Pawłowski B., 1953. Rośliny polskie.
- Wulff H. D., 1937. Chromosomenstudien in der schleswigholsteinischen Angiospermen — Flora, „Ber. dtsh. bot. Ges.“ T. 55.
- Yasui K., 1937. Cytogenetic Studies in artificially raised interspecific hybrids of *Papaver*, VI, Cytologia, „Fujii Jub.“ Vol. II (1101 — 1112).

Nowe stanowisko grzyba *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres. w Polsce

A new station of Lentinus cyathiformis (Schaeff.) Bres. in Poland

ST. DOMANSKI

Lentinus cyathiformis (Schaeff.) Bres.¹ — zwany w polskim słownictwie mykologicznym twardziakiem (Bł.) lub łyczakiem (Teod.) kielichowatym (Teod.) — należy do rodziny Agaricaceae, podrodziny Pleurotoideae. Charakteryzuje się on wytwarzaniem owocników w kształcie kapelusza osadzonego na trzonie. Początkowo wypukły lub nawet półkulisty kapelusz koloru gliniastoczerwonego pokryty jest równomiernie i gęsto, zwłaszcza w centrum, drobnymi punktowatymi łuseczkami barwy brunatnordzawej. Z wiekiem kapelusz przybiera brudno-ochrowo-żółty kolor, staje się nagi, rozplaszczony, z lekkim zagłębieniem w środku, a często nawet wyraźnie kielichowaty. Średnica kapelusza waha się według literatury (Pilát, 1946, 1951, Ricken, 1915) od 3 do 10 najwyżej do 15 cm. Miąższ owocnika jest twardy i łykowaty.

Trzon owocnika jest białawy lub lekko żółtawy, a według Rickena (l. c.) maślanożółty, pokryty gęsto bardzo drobnymi brunatnordzawymi łuseczkami, przeważnie centralny, bądź tylko nieco ekscentryczny, bardzo rzadko natomiast z boku przyczepiony do kapelusza. Jego długość może wynosić 5—15 cm, a grubość 8—15 mm. Podstawa trzona jest często wyciągnięta w korzeniasty, do 5 cm długi, utwór. Trzon jest twardy, mięśisty, wewnątrz pełny.

Blaszki początkowo są białawe, wąskie, tępe o równym ostrzu, z wiekiem przyjmują żółtawomaślaną barwę, osiągają szerokość 4 — 8 mm, a ostrze ich staje się ostre, delikatnie ząbkowane. Są one często widelcowato rozgałęzione oraz anastomozują zwłaszcza na trzonie, po którym daleko zbiegają w dół.

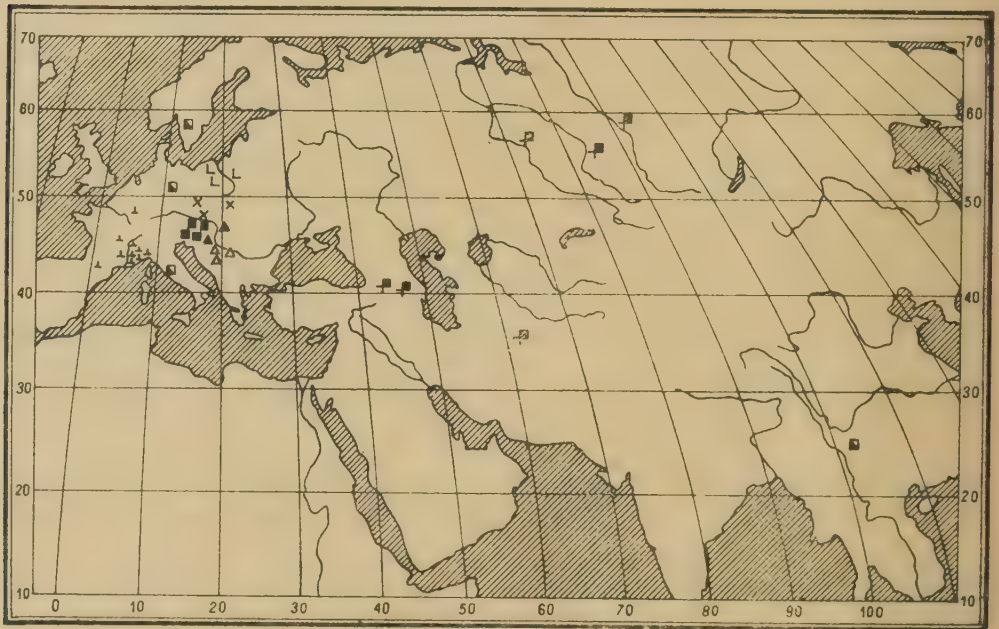
Miąższ owocnika jest biały, u podstawy trzona słomiastożółty, początkowo soczysty, jednak bardzo szybko twardnieje. Ma silny przyjem-

¹ Synonimy — *Lentinus degener* Kalchbr., *L. leontopodius* Schulz. ex Kalchbr., *L. sitaneus* Fr., ?*L. tonkinensis* Pat., ?*L. umbellatus* Fr., *L. variabilis* (Schulz.) Quel., *Agaricus cyathiformis* Schaeff., *A. Schaefferi* Weinm., *A. sementino* Viv., *Dendrosarcos lingulatus* Paul., *Panus cyathiformis* Schaeff., *P. inverse-conicus* Ler. et Schulz., *P. Schurii* Schulz., *Pleurotus lingulatus* (Paul.) Fr., *Xerotus degener* Fr.

ny zapach. Złożony jest ze strzępek grubości 4 — 4,5 μ , nie barwiących się pod wpływem jodu na niebiesko.

Hymenium złożone jest wyłącznie z podstawek o wymiarach 35 — 40 $\times$ 6 — 8 μ . Powstające na tych podstawkach po cztery zarodniki są eliptyczno-cylindryczne z ukośnie zaokrągloną podstawą. Pokryte są one gładką, bezbarwną błoną, która nie barwi się pod wpływem jodu na niebiesko. Rozmiary ich wahają się w następujących granicach: długość od 10 do 14 μ szerokość od 3,5 do 4,5 μ .

Owocniki grzyba występują zwykle w wiązkach po 2 — 3 egzemplarze na suchych drzewach lub pniakach drzew iglastych oraz liściastych.



Ryc. 1. Rozmieszczenie znanych dotychczas z literatury (przeważnie wg Piláta, 1946) stanowisk *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres.

- stanowiska w Austrii (Niederdonau 1887, Schöngubern 25.VII.1905, Wiener Neustadt)
- × stan. w Czechosłowacji (Bratislava, Neratovice 12.VI.1942, Presov)
- ⊥ stanowiska we Francji (Alpes Maritimes, Bois du Var 1886, Champagne, Nice VIII. 1888 Provence, region literale du Var, Saint Isidore 1885, Roanne, Roumèguère, Superbagnères)
- △ stanowiska w Jugosławii (Beograd IX.1938, Šabac IV. 1895, Vinkovci 1880)
- L stanowiska w Polsce (Międzyrzec, pow. Radzyń, woj. lubelskie VI.1900, leg. Łichler; Poznań 28.III.1929, leg. Teodorowicz; Siemianice, pow. Kępno, woj. poznańskie 6. VI.1954, leg. auctor)
- ▲ stanowiska na Węgrzech (Budapest, Kömlöd, com. Tolna)
- ⊕ stanowiska w ZSRR (Kljucs (Kaukaz) VII. 1898, Kuskul, Minusińsk (Syberia), Tara (Syberia) VII. 1929, Tomsk (Syberia) VIII. 1930, Ugur (Kaukaz) VIII. 1929)
- ◼ pojedyncze stanowiska: w Chinach (Junnan X. 1916), Niemczech (Kelheim 1905?), Szwecji (Kragelholm). oraz we Włoszech (Bad Ratzes VIII. 1894)

Najczęściej zbierano je na sośnie (*Pinus silvestris* L.), wierzbach (*Salix* sp.), topolach (*Populus* sp.) i bukach (*Fagus* sp.).

Jest to gatunek bardzo rzadki, występujący w strefie umiarkowanej Starego Świata, bardziej licznie jednakowoż w Europie Południowej. Tylko nieliczne okazy tego gatunku zostały zaobserwowane w północnej części kontynentu europejskiego czy azjatyckiego, między innymi na Syberii (ryc. 1), czego zresztą nie uwzględnia zupełnie Liebiek (1949) w swym kluczu do oznaczania grzybów kapeluszowych. Rośnie on głównie w rzadkich laskach i zadrzewieniach oraz w parkach.

W polskiej literaturze fizjograficznej wymieniany był dotychczas dwukrotnie. Zbierał go mianowicie Eichler (1900) przy końcu czerwca 1900 roku w lesie miejskim w Międzyrzeczu, pow. Radzyń, woj. lubelskie. Kilka owocników grzyba występowało tam na spróchniałym pniu sosny (*Pinus silvestris* L.). Ich cechą charakterystyczną były stosunkowo małe wymiary zarodników, wahające się w granicach: długość od 7 do 11 μ , szerokość natomiast od 3 do 3,5 μ , podczas gdy Pilát (l. c.) podaje wymiary 10 — 14 $\times$ 3,5 — 4,5 μ , a Ricken (l. c.) 10 — 13 $\times$ 4 — 5 μ .

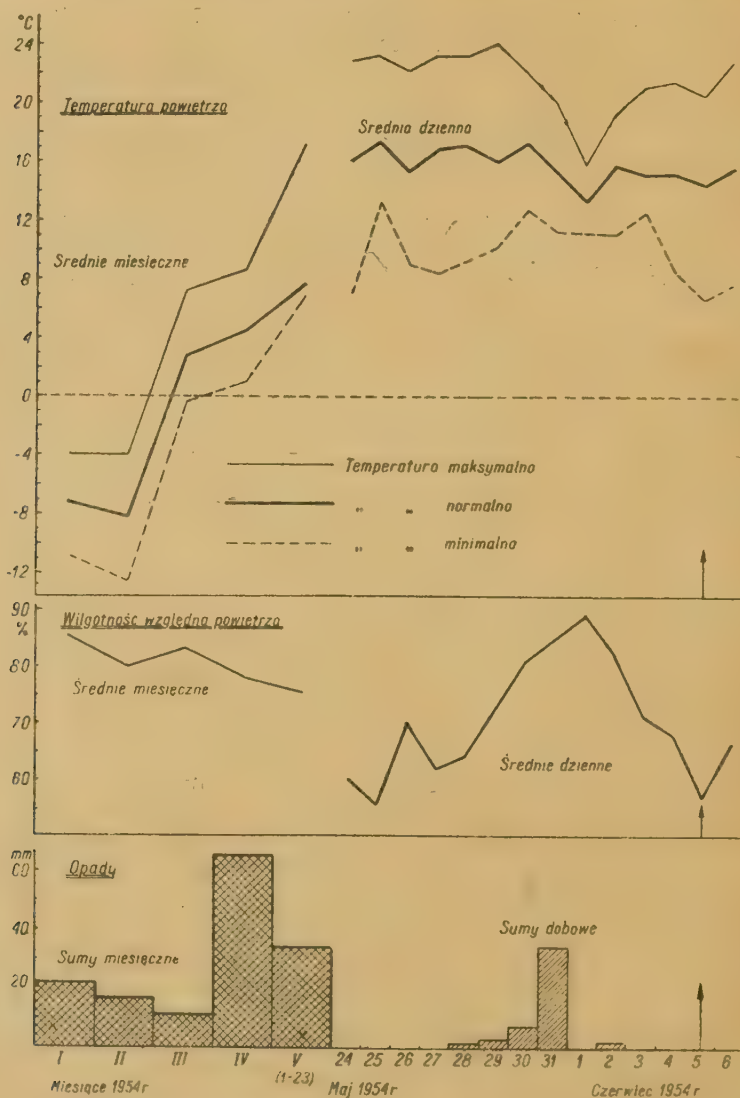
Drugie stanowisko wymienia Teodorowicz (1933). Znalazł on powyższy gatunek w parku Sołackim w Poznaniu również na pniu sosny pospolitej w dniu 28.III.1929 roku.

Stanowisko zebranych przeze mnie okazów znajdowało się w parku w Siemianicach, pow. Kępno, woj. poznańskie. W dniu 5.VI.1954 roku zebrałem tam 10 zupełnie świeżych, dojrzałych okazów. Rosły one na niezbyt starym (drzewo ścięto przed ok. 6 laty) pniaku białodrzewu (*Populus alba* L.) w dość gęstych krzakach.

Warunki meteorologiczne, poprzedzające lub towarzyszące ukazaniu się owocników w Siemianicach podaje wykres na ryc. 2. Dane zaczerpnięto ze Stacji Meteorologicznej w Siemianicach, położonej ok. 30 m od stanowiska grzyba.

Oznaczonego strzałką na powyższym wykresie dnia zbioru świeżych i dojrzałych owocników (5.VI.) nie można bynajmniej identyfikować z pierwszym dniem ich rozwoju. Podobnie bez specjalnie przeprowadzonych badań nie można uważać za optymalne dla rozwoju owocników warunków cieplnych i wilgotnościowych, jakie panowały tylko w tym dniu. Jak bowiem wynika z badań różnych autorów, między innymi Cornera (1934), owocniki grzybów kapeluszowych z rodziny *Agaricaceae* potrzebują do swego rozwoju zwykle kilku dni. Wspomniany wyżej autor badał pod tym względem pospolitego na Malajach, również występującego na obumarłym drewnie, grzyba *Collybia apalosarca* B. et Br. Stwierdził on, że rozwój drobnych owocników tego gatunku (o średnicy kapelusza mniejszej niż 20 mm i wymiarach trzona dł. 1,5 — 4 $\times$ szer. 1,5 — 3 mm) ze stadium primordium do chwili rozpostarcia kapelusza, tzn. do stanu, w jakim zebrano owocniki *L. cyathiformis* w Siemianicach, trwał w temp.

ok. $26,5^{\circ}\text{C}$ i przy słońcu wschodzącym ok. godz. 6 i zachodzącym ok. godz. 18 — przeciętnie 90 godzin, podczas gdy dużych owocników (śr. kap. 60 — 110 mm, trzon dł. 12 i szer. 10 mm) — 140 godzin. Analogicznie mogło być również w przypadku owocników *L. cyathiformis* znalezionych w Siemianicach. Najprawdopodobniej zaczęły się one rozwijać bezpośrednio po okresie deszczów, które spadły tam w dniach 28 — 31 maja i dały w sumie 44,7 mm opadu, co naturalnie bardzo podwyższyło stopień na-



Ryc. 2. Krzywe przebiegu niektórych danych meteorologicznych przed i w czasie wzrostu owocników *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres. w Siemianicach w 1945 roku (wg spostrzeżeń Stacji Meteorologicznej w Siemianicach)
→ dzień zbioru świeżych, dojrzałych owocników

wilgocenia podłoża, w którym rozwijała się grzybnia tego gatunku, oraz wilgotność otaczającego je powietrza (do 90%). I ten właśnie zwiększony stopień wilgotności, zwłaszcza w dniu 31 maja oraz 1 i 2 czerwca, przy równocześnie niewielkim wahaniom ulegającym w tym czasie naświetleniu stanowiska wzrostu grzybni w pniaku oraz stosunkowo mało zmiennej, choć wysokiej temperaturze, jaka utrzymywała się wtedy w Siemianicach — mógł być głównym bodźcem, który spowodował początek rozwoju owocników.

Owocniki występowały w dwóch wiązkach, złożonych jedna z czterech, a druga z pięciu owocników, zróżnicowanych podstawami trzonów. Jeden owocnik występował oddzielnie. Odbiegał on o tyle swymi cechami morfologicznymi od pozostałych dziewięciu, że przede wszystkim był największy. Średnica jego kapelusza wynosiła 24 cm, podczas gdy wymiary trzona: długość 14 cm, a grubość 5 cm. Trzon powyższego owocnika był poza tym jeszcze o tyle charakterystyczny, że podstawa jego była wyciągnięta we wspomniany wyżej przy opisie morfologii owocników korzeniasty utwór. Tylko to, spłaszczone zresztą oraz 7,5 cm długie, przedłużenie trzona, tkwiące w szczelinie pniaka, pokryte było w niektórych miejscach typowymi dla tego gatunku drobnymi czerwono-brunatnymi łuszczkami. Resztę powierzchni trzona natomiast pokrywały zbiegające nań stosunkowo grube blaszki. Zrastały się one tutaj często ostrzami oraz tworzyły bardzo liczne i wydatne anastomozy. Na skutek tego hymenofor pokrywający tę górną część trzona przypominał przeważnie budową labiryntową przynależną część hymenoforu, jaką obserwuje się często u owocników *Daedalea quercina* (L.) Fr.

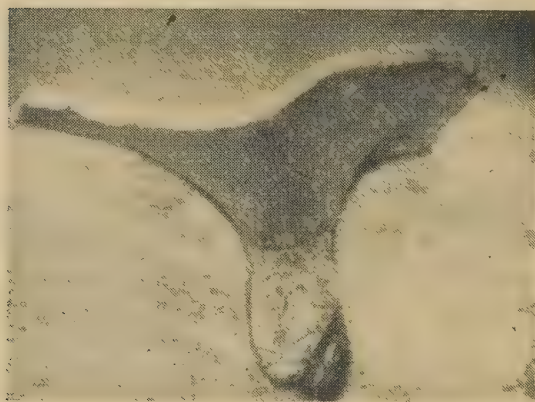
Poza tym, chociaż już rzadziej, dolne końce niektórych blaszek, występujące na trzonie, przybierały także niekiedy kształt kilka milimetrów długich kolców, które gęsto obok siebie ułożone i skierowane w dół tworzyły jakby kolczasty hymenofor, typowy dla gatunków z rodziny *Hydnaceae* (ryc. 3).

U pozostałych owocników cechy morfologiczne trzonów były analogiczne z tą różnicą tylko, że brak tu było zupełnie dolnej partii, pokrytej czerwono-brunatnymi łuszczkami. Jak to widać z ryc. 4, trzon u tych owocników był nie-



Ryc. 3. Największy owocnik *L. cyathiformis* (Schaeff.) Bres. zebrany 5.VI.1954 r. w Siemianicach — z centralnym korzeniasto wydłużonym trzonem. (Ok. 1/5 nat. wielkości)

współmiernie krótki, pokryty w całości dolnymi końcami zbiegających po nim blaszek. Wymiary trzonów u tych 9 owocników wahały się w następujących granicach: długość od 4 do 9, przeciętnie 6 cm, grubość 1,5 — 5, przeciętnie 3 cm. Kapelusze tych okazów miały natomiast średnicę w granicach od 6 do 21, z przeciętną równą 14,5 cm.

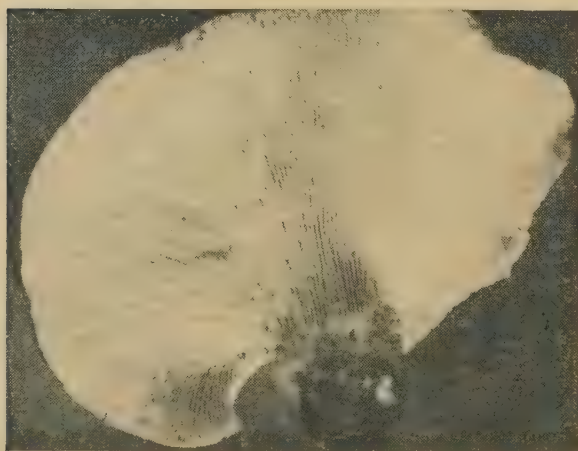


Ryc. 4. Owocnik *L. cyathiformis* zebrany 5.VI.1954 r. w Siemianicach — z centralnym stosunkowo bardzo krótkim trzonem, pokrytym w zupełności przez zbiegające po nim blaszki (ok. 1/4 nat. wielkości)

Jak widać z powyższych cyfr, górne granice wymiarów okazów znalezionych w Siemianicach znacznie przewyższały analogiczne wielkości podawane przez Rickena (l. c.) lub Piláta (l. c.).

Podobnie blaszki — za młodu wąskie, o tępym zresztą ostrzu i wydatnie żyłkowatej lub karbowanej, zwłaszcza przy anastomozach, powierzchni — stawały się z wiekiem szerokie do 12 mm, czyli 1,5 do 3 razy szersze, niż to podają wspomniani wyżej autorzy.

Blaszki charakteryzowały się poza tym jeszcze inną cechą. Mianowicie z wiekiem ich ostrze stawało się zaostrome i delikatnie biało ząbkowane. Badania mikroskopowe takich blaszek wykazały, że o ile powierzch-



A B



Ryc. 5. A. Jeden z owocników *L. cyathiformis* o ekscentrycznym trzonie, zebrany 5.VI.1954 r. w Siemianicach — widoczny od strony blaszki (ok. 1/3 nat. wielkości). B. Widzimy od strony blaszek jeden z mniejszych owocników *L. cyathiformis* o ekscentrycznym trzonie, zebrany 5.VI.1954 r. w Siemianicach — dorównujący wielkością przeciętnym wymiarom podawanym przez literaturę (Pilát 1946) (1/2 wielkości nat.)

nia ich pokryta była hymenium złożonym z podstawek o wymiarach $31,5 - 38 \times 6 - 7,5 \mu$, o tyle na ząbkowanym ostrzu zamiast podstawek występowały nitkowate utwory o długości $60 - 85$ i grubości 4μ , najczęściej lekko buławowate zgrubiałe na szczycie, lub rzadziej, z jednym lub kilkoma baniastymi wydęciami poniżej wierzchołka. Gdy świeży, wilgotny owocnik przechowywano przez kilka dni zawinięty w papier lub na półce osłoniętej papierem, wtedy — zwłaszcza w miejscu, gdzie ostrza kilku sąsiadujących ze sobą blaszek zetknęły się ze sobą — delikatne zrazu ząbki wyrastały najpierw w drobniutkie, liczne, gęsto obok siebie ułożone kolce lub frędzelki. Te rozrastając się następnie w dalszym ciągu, zwłaszcza wszerz i na długość, tworzyły w końcu na ostrzu blaszki silnie drobno pofałdowaną krezę. Przy dalszym wzroście krezowate ostrza sąsiadujących blaszek mogły zrastać się w punktach styku i wytwarzać w ten sposób utwór do złudzenia przypominający labiryntowaty lub rurkowaty hymenofor, charakterystyczny dla owocników z rodzaju *Fomes* (ryc. 6). Ściany takich rurek lub labiryntowatych korytarzy były wyścielone warstwą hymenialną, złożoną z typowych podstawek z typowymi zarodnikami.



Ryc. 6. Widziany od strony blaszek jeden z większych owocników *L. cyathiformis* o centralnym trzonie, zebrany 5.VI.1954 r. w Siemianicach. Blaszki są już częściowo zniszczone przez larwy. Strzałka wskazuje partię rurkowatego hymenoforu, jaki wykształcił się wtórnie na blaszkach po kilku dniach przechowywania owocnika (1/2 nat. wielkości)

Podobne, choć mniej regularne, utwory hymenialne powstawały w analogicznych warunkach również na powierzchni kapelusza. Pokrywała się ona wtedy zwykle przede wszystkim białą, kłaczącą grzybnią, tworzącą cieniutką warstewkę lub drobne brodaweczki wielkości do 1 mm.

Powyższe utwory grzybniove składały się ze splecionych ze sobą, słabo rozgałęzionych, bezbarwnych strzępek o grubości 2—3 μ z licznymi sprzączkami. W szczególnie korzystnych warunkach powstawała następnie z tej grzybni w niektórych miejscach na powierzchni kapelusza warstwa białokremowego hymenoforu, złożonego z drobnych, zbitych brodawek lub niekiedy z niewielkich płytkich labiryntowatych zagłębień, a najczęściej z gęsto ułożonych obok siebie kółców wysokości do 2 i grubości do 0,5 mm u podstawy. Powierzchnię takiego hymenoforu pokrywało hymenium składające się z normalnych podstawek, noszących zarodniki o normalnym eliptyczno-cylindrycznym kształcie, rzadziej eliptyczne lub nawet lancetowate o wymiarach 8,5 — 12,5 $\times$ 3,2 — 5,3 μ , podczas gdy zarodniki, powstałe na hymenoforze blaszkowym były jednolicie eliptyczno-cylindryczne i posiadały wymiary 11 — 12,5 $\times$ 3,5 — 4 μ .

Identyczne zjawisko tworzenia hymenoforu polyporoidalnego na powierzchni kapelusza obserwował Pouchet (1930) na świeżych, wilgotnych owocnikach po kilku dniach ich przechowywania w papierze gazetowym. Tworzenie jednakowoż wtórnego hymenoforu polyporoidalnego na powierzchni kapelusza czy też na blaszkach nie może być uważane za jeden z dowodów bliskiego pokrewieństwa rodzaju *Lentinus* z rodziną *Polyporaceae* — tak jak to sądził Pouchet. Jest bowiem znaną rzeczą, że hymenofor polyporoidalny wykształca się na powierzchni kapelusza także u innych rodzajów grzybów z rodziny *Agaricaceae* i to bardzo często u tak odległej filogenetycznie od *Polyporaceae* podrodziny *Amanitoidae*. Jeśli zaś chodzi o pokrewieństwo rodzaju *Lentinus* z rodziną *Polyporaceae*, to w każdym razie według Piláta (1946) nie tyle rodzaj *Polyporellus*, — jak to sądził Pouchet — ile rodzaj *Heteroporus* (Lanzii) Donk. jest najbliższy rodzajowi *Lentinus*. Dotyczy to szczególnie gatunku *Heteroporus biennis*, który przynajmniej dwukrotnie był opisany jako gatunek należący do rodzaju *Lentinus*.

Streszczenie

Autor opisuje trzecie z kolei stanowisko grzyba *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres. w Polsce.

10 owocników grzyba znalazł on na pniaku białodrzewu (*Populus alba* L.) w parku w Siemianicach, pow. Kępno, woj. poznańskie.

Zebrane tam owocniki były przeważnie większe niż dotychczas opisywane w literaturze. Średnica kapelusza bowiem wahała się od 6 do 24, przeciętnie 14,5 cm, podczas gdy długość trzona wynosiła 4 — 14, przeciętnie 7,5 cm, a grubość 1,5 — 5, przeciętnie 3,5 cm. Szerokość blaszek dochodziła do 12 mm.

Przy przechowywaniu świeżych i wilgotnych owocników, zawiniętych w papier lub na półce osłoniętej papierem, powstawał po kilku dniach

w niektórych miejscach, przede wszystkim na hymenoforze blaszkowym i na powierzchni kapelusza, wtórny hymenofor koleczasty, dołeczkowaty, labiryntowaty lub rurkowaty z normalnym hymenium podstawkowym i przeważnie normalnymi zarodnikami.

(Wpłynęło dn. 15.VIII.1954 r.)

Stacja Ochrony Lasu
i Fitopatologii Poznańskiej W. S. R.
w Siemianicach

SUMMARY

The description of third successive station of fungus *Lentinus cyathiformis* (Schaeff.) Bres. in Poland is given in this paper.

Ten fruit-bodies of this Agaric with central or eccentric stalk occurred in two bunches on the stock of white Poplar (*Populus alba* L.) in the park of Siemianice, near Kępno (Province Poznań).

For the most part the sporophores collected were greater than those from another as yet known localities. The pileus ranges in diameter from 6 to 24 with the average 14,5 cm, while the stem was 4 — 14, on an average 7,5 cm high, and 1,5—5, on an average 3,5 cm thick. The width of gills attained 12 mm.

When fresh and moist sporophores were wrapped in newspaper — after some days a new hymenial layer in the form of sharp pricks of the *Hydnaceae* type or of round or daedaloid pores of *Polyporaceae* type was formed here and there on the upper surface of the pileus or on the gills (fig. 6).

LITERATURA

- Corner E. J. H., 1934. An evolutionary study in Agarics: *Collybia apalosarca* and the veile, „The Brit. Mycol. Soc. Trans.” XIX, 39 — 88.
- Eichler B., 1900. Materiały do flory grzybów okolic Międzyrzecza, „Pam. Fiz.” XVI, dz. III, 157 — 206, Warszawa.
- Liebiediewa L. A., 1949. Opriedielitel szliapocznych gribow. Moskwa-Leningrad, str. 548.
- Pilát A., 1946. Monographie des espèces européennes du genre *Lentinus* Fr. Prague, str. 46 + 31 tablic.
- Pilát A., 1951. Klíč k určování našich hub hřibovitých a bedlovitých, Praha, str. 721.
- Pouchet A., 1930. Sur un hyménium surnuméraire observé chez *Lentinus variabilis* Schulz., „Bull. des naturalistes et archéologues de l'Ain.” (Wg Piláta, 1946).
- Ricken A., 1915. Die Blätterpilze (*Agaricaceae*), Leipzig, str. 480 + 111 tabl.
- Teodorowicz F., 1933. Grzyby zachodniej i południowej Polski, Poznań, str. 34.

Wielopostaciowość liści drzew i jej przyczyny

Polymorphism of Tree Leaves and its Causes

J. JENTYS-SZAFEROWA

Celem rozprawy jest zainteresowanie botaników pracujących nad przyczynami kształtów, a przede wszystkim fizjologów roślin, szeregiem zjawisk zachodzących w obrębie drzewa, z którymi wiąże się taki lub inny kształt liścia. Jest to próba wyłowienia z pozornego chaosu zmienności liści w obrębie poszczególnych drzew — linii, po których idzie zmienność niezależnie od siebie i powodowana każdorazowo inną przyczyną. Rozumowanie moje opieram na wynikach prac własnych lub prac wykonanych pod moim kierunkiem, w których dzięki użyciu metod statystycznych ujawniło się dużo szczegółów trudnych poprzednio do zauważenia. Częściowo posługuję się danymi zaczerpniętymi z literatury; te jednak są niestety skąpe.

I. ZWIĄZEK KSZTAŁTU LIŚCI Z WIEKIEM FIZJOLOGICZNYM DRZEWA

Pierwszą rzeczą, na którą pragnę zwrócić uwagę, są morfologiczne zmiany kształtu liści w związku z wiekiem fizjologicznym drzewa. Nie chodzi tu o zmianę kształtu liści od węzła do węzła w pierwszych stadiach życia rośliny, ale o różnicę między liśćmi drzew jednorocznych, dwuletnich, trzyletnich itd. Ta linia zmian kształtu liści w obrębie osobnika jest najtrudniejsza do obserwacji, gdyż drzewo żyje dłużej niż człowiek. Poza tym określenie wieku fizjologicznego badanych pędów napotyka trudności, drzewo bowiem traci w czasie swego życia część gałęzi, a zyskuje nowe, które regenerują często z pączków śpiących niewiadomego wieku. Toteż w tej dziedzinie mamy jeszcze mało danych w literaturze botanicznej, najważniejsze jednak z nich postaram się przedstawić.

Klasycznym przykładem zmian kształtu liści w związku z wiekiem fizjologicznym zdrewniałej rośliny są zmiany liści bluszczu *Hedera helix* L. (ryc. 1). Nie zrzuca on liści na zimę, można więc obserwować równocześnie na tym samym okazie liście powstałe w różnych okresach fizjologicznego wieku. Zjawisko to jest od dawna znane i dużo o nim pisano. Dokładne przeanalizowanie różnic w kształcie liści bluszczu i związanie ich z wiekiem fizjologicznym rośliny zawdzięczamy K r a n z o w i (1930).

Dużo danych można zaczerpnąć z prac rosyjskiego badacza Krenkego (1933 — 1940). Był on twórcą znanej teorii „cyklicznego starzenia się i odmładzania roślin“, w której



Ryc. 1. Dwuletnie sadzonki bluszczu, na lewo ze strefy młodocianej, na prawo ze strefy owocującej. Nowo rozwijające się liście mają kształt charakterystyczny dla danej strefy. Według

Molischa

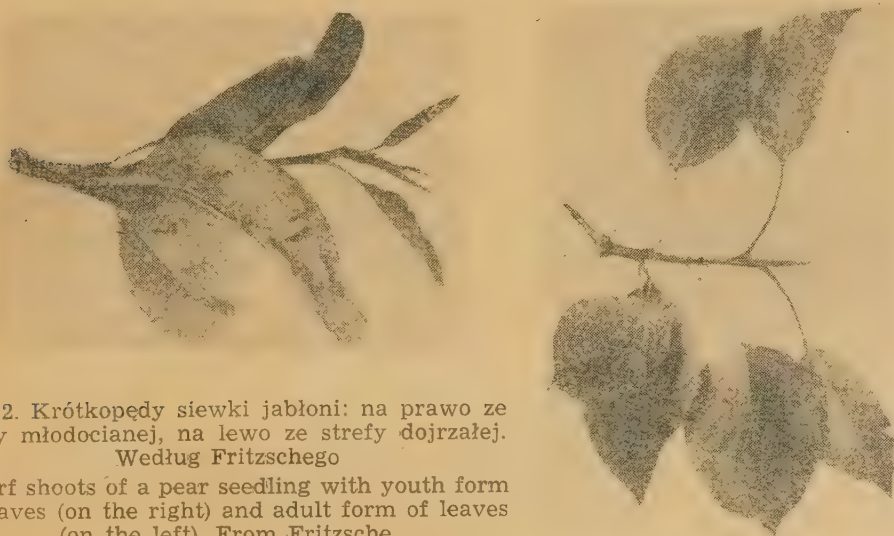
Two years old grafts of *Hedera helix*. On the left a graft derived from the youth zone. On the right a graft derived from the adult zone. Each graft preserves the form of leaves characteristic of the given zone. From Molisch

się i odmładzania roślin“, w której za kryterium starzenia się służyły zmiany kształtów liści w różnych okresach życia rośliny. Teoria Krenkego nie powstała z obserwacji drzew, jest wynikiem badań nad jednoroczną rośliną — bawełną. Krenke zastosował ją jednak również do badania drzew, starając się wyciągnąć z tego korzyści dla życia praktycznego. Obserwując z roku na rok zmiany kształtu liści siewek drzew owocowych usiłował wysortowywać na tej podstawie odmiany, które szybko zakwitną i wydadzą owoce; nagle bowiem zmiany kształtu liści były dla Krenkego dowodem szybkich przemian fizjologicznych rośliny. Z wiekiem fizjologicznym zmienia się według Krenkego nie tylko kształt liści, zmieniają się także i ich własności chemiczne, dzięki czemu na podstawie

badan morfologicznych określał on, które liście krzewów herbacianych dadzą najlepsze sorty herbaty, które liście morw będą najlepszym pokarmem dla jedwabników itp. Jest więc zgodność między Krenkem a Kranzem i innymi badaczami wiążącymi zmiany kształtu liści ze zmianami fizjologicznymi rośliny w różnych okresach jej życia.

Trochę szczegółów dotyczących zmiany kształtów liści w związku z wiekiem fizjologicznym drzewa, opartych na pomiarach biometrycznych, znalazłam w pracy Fritzschego nad formami młodocianymi grusz i jabłoni (1948). Fritzsche zwrócił uwagę na wybitne różnice morfologiczne między częścią drzewka powstałą w okresie, kiedy miało ono 5 — 7 lat, a częścią powstałą później. Zauważył on, że w części młodocianej siewek jabłoni krótkopędy były nachylone prawie pod kątem prostym do osi głównej, w części zaś starszej — pod kątem ostrym. Przejście między jedną a drugą strefą było, jak podaje Fritzsche, dość nagłe, gdyż trwało zwykle tylko jeden sezon wegetacji. Różnicom w pędach towarzyszyły różnice w kształcie i w rozmiarach liści (ryc. 2). Fritzsche pomierzył dużo liści (po 140 — 160 liści z każdego okazu) i podał ich prze-

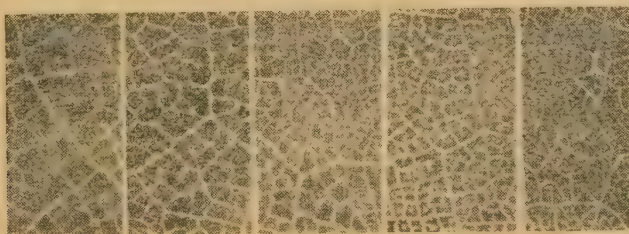
ciężne różnice w obrębie osobników, zaznaczające się przede wszystkim w rozmiarach blaszki. Liście ze strefy młodocianej miały powierzchnię blaszki przeciętnie 2 — 5 razy mniejszą niż liście w strefie starszej. Dane te mają oczywiście tylko znaczenie orientacyjne, gdyż Fritzsche nie



Ryc. 2. Krótkopędy siewki jabłoni: na prawo ze strefy młodocianej, na lewo ze strefy dojrzałej.
Według Fritzschego

Dwarf shoots of a pear seedling with youth form of leaves (on the right) and adult form of leaves (on the left). From Fritzsche

brał z obu stref jednakowej ilości liści do pomiarów, nie podał, ile miała dana siewka oraz ile lat trwał jej okres młodociany, które liście mierzył na krótkopędzie itp. Niemniej jednak badania te dają pojęcie o zjawisku, że drzewa w różnych okresach swego wieku wytwarzają różne liście.



Ryc. 3. *Vitis vulpina*. Siatka nerwów na liściach okazów 3, 6, 14, 28 i 60-letnich. Im starsza roślina, tym drobniejsza oczka sieci. Według Benedicta

Vitis vulpina. The network of nerves in the leaves of plants 3, 6, 14, 28, and 60 years old. The older the plant, the smaller the eyelets. From Benedict

Do powyższej dziedziny trzeba zaliczyć również obserwacje Benedicta (1915) nad zmianami w nerwacji liści *Vitis vulpina* związanymi z wiekiem rośliny (ryc. 3). Stwierdził on, że im liście były starsze, tym gęstsza była siatka ich nerwów. To samo zauważyła Tellefsen

(1922) na liściach *Salix nigra*, a F i n a r d i (1925) na liściach *Juglans nigra* i *Fagus silvatica*. Zmianom morfologicznym towarzyszyły zmiany w asymilacji i oddychaniu.

Własnych badań nad zmianami kształtu liści w związku z wiekiem drzewa mam dotychczas niewiele. Od trzech lat zbieram w Tatrach materiały do morfogenezy liści buka. Dotychczasowe pomiary wykazały, że liście siewek jednorocznych (wytwarzają one w Tatrach poza liścieniami zwykle tylko jedną parę liści prawie naprzeciwległych) są wybitnie różne od liści dwuletnich siewek, a te są inne niż liście form dojrzałych (ryc. 4). Pracę moją ułatwia to, że buk owocuje w Tatrach obficie tylko raz na kilka lat. W 1951 r. był tak zwany „rok nasienny“, dzięki czemu w odpowiednich do kiełkowania miejscach powstały naturalne szkółki leśne tak obfite, że bez szkody, a nawet z pożytkiem dla pozostałych, można brać z nich co roku materiały do badań biometrycznych i obliczać przeciętny kształt liści siewek buka na danym siedlisku.



Ryc. 4. *Fagus silvatica*: a — siewka jednoroczna, b — siewka dwuletnia,
c — krótkopęd starego drzewa z tego samego siedliska
Fagus silvatica: a — seedling one year old, b — seedling two years old,
c — dwarf shoot from an old tree of the same place

Podobne badania można by przeprowadzać na materiale pochodzącym z hodowli, a więc: ze szkółek zakładanych w lasach przez leśników, ze szkółek w gospodarstwach ogrodniczych lub z ogrodów doświadczalnych zakładanych przez instytucje naukowe zajmujące się badaniem drzew, gdzie można znaleźć obok siebie siewki różnego wieku, pochodzące z nasion z tych samych okazów. Badania takie miałyby tę wyższość nad

rozpoczętymi przeze mnie, że można by w jednym roku zebrać liście z okazów różnego wieku, wyrosłe w jednakowych warunkach, czyli na tym samym siedlisku, w tej samej temperaturze i przy tej samej wilgotności. Toteż bardzo zachęcam do tego rodzaju badań, tym bardziej, że jak wspominałam wyżej, możność określania właściwości fizjologicznych drzewa na podstawie zmian kształtu jego liści może mieć znaczenie praktyczne.

II. ZWIĄZEK KSZTAŁTU LIŚCIA Z PĘDEM, NA KTÓRYM WYRASTA

Drugą rzeczą, którą z kolei omówię, będzie związek kształtu liści z ogólnym charakterem pędu lub z miejscem na pędzie, z którego liść wyrasta. Pierwszymi liśćmi pojawiającymi się na wiosnę na naszych drzewach są liście na krótkopędach; od nich więc zacznę.

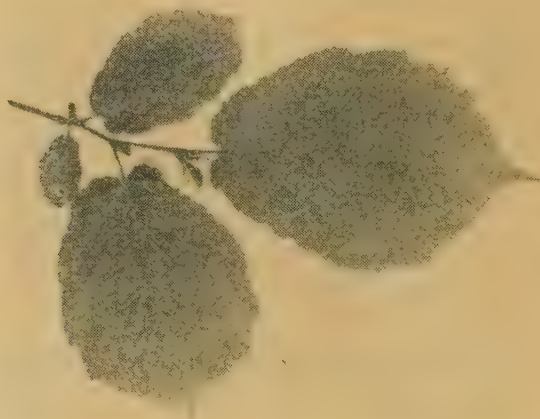
A. Zależność kształtu liścia od położenia na krótkopędzie

Na dojrzałych drzewach są dwojaki krótkopędy: jedne wegetatywne z liśćmi, na innych zaś znajdują się albo same kwiaty, albo liście i kwiaty, a później owoce. Zajmiemy się najpierw krótkopędami wegetatywnymi.

Jeżeli przyjrzymy się w lecie krótkopędom wegetatywnym drzew takich, jak wiązy, dęby, buki, graby lub krzewów, jak leszczyna czy głóg, to stwierdzimy, że jeśli na krótkopędzie znajduje się więcej niż 2 liście, to zachodzi między nimi wyraźna różnica. Im wyżej liść wyrasta — to znaczy im jest bliższy końca krótkopędu — tym jest zwykle większy, przy czym zmienia się jego kształt. Lepiej niż słowa wyrażają to ryciny 5, 12b i 13a, na których mamy fotografie kolejnych liści z krótkopędów wegetatywnych niektórych wyżej wymienionych roślin. To, co widzimy na rycinach, przypomina uderzająco znane zjawisko zmian kształtu liści od węzła do węzła u form młodocianych roślin heteroblastycznych. Nie znaczy to, że rozwój krótkopędu jest powtórzeniem pierwszych stadiów rozwoju danego drzewa, bo liście na krótkopędzie są inne niż u form młodocianych. Występujące jednak tu i tam zmiany kształtów kolejnych liści nasuwają myśl, że i przyczyny zmian mogą być podobne.

Przypomnijmy sobie, jak usiłowano tłumaczyć zjawisko młodocianych form liści. W tym celu musimy cofnąć się o 50 lat wstecz, kiedy to Karol G o e b e l robił obserwacje i doświadczenia nad morfologią roślin. Z doświadczeń tych wynikało bezsprzecznie, że zarówno wskutek zmniejszania zapasów pokarmów, na przykład odłączanie pączków od bulwy ziemniaczanej, jak i wskutek hamowania asymilacji przez odpowiednio dobrane światło, koncentrację gazów itp., można przedłużyć okres tworzenia młodocianych liści przez roślinę albo wywołać powtórne ich pojawienie się. Z tego G o e b e l wyciągnął wniosek, że młodociane formy liści są związane z ubóstwem pokarmów. Zaznacza jednak wyraźnie, że myśli o po-

karmach w najszerszym tego słowa ujęciu, w zgodności z teorią „materiału i kształtu“ S a c h s a (Stoff und Form Theorie, 1887). S a c h s postawił hipotezę, że w organizmach roślinnych tworzą się w czasie przemiany ma-



Ryc. 5. Kolejne liście na krótkopędzie leszczyny
Successive leaves on a dwarf shoot of *Corylus*
avellana

terii drobne ilości substancji, które spełniają rolę budowniczych i gdy zawędrują one z pokarmami do wierzchołka wzrostu, decydują o tym, co powstanie z jednolitych komórek odkładanych przez merystem. To samo miał na myśli B e i j e r i n c k (1888) w pracy nad galasówkami pisząc o „enzymie wzrostowym“ (Wuchsenzym). G o e b e l nie wymienia słowa „enzymy“, ale pisze wyraźnie, że przyczyną form młodocianych liści może być nie „ilość, ale jakość materiałów“ dostarczanych tworzącemu się liściowi przez roślinę (1908). Hipoteza L u n d e g å r d h a, który powiada, że w roślinie w miarę jej rozwoju tworzą się od węzła do węzła coraz to inne „enzymy“, które powodują zmianę kształtu liści, twierdzenie K r a n z a (1930), iż kształt liści jest wyrazem tego, co się w danej części rośliny dzieje i jest związany z wiekiem fizjologicznym miejsca, z którego wyrasta oraz K r e n k e g o, który uważa kształt liścia za morfologiczne kryterium wieku rośliny — to tylko dalsze rozwinięcie zagadnienia „form młodocianych“ G o e b l a i przesunięcie go na całe życie rośliny.

Wracając do tak podobnej do zjawiska form młodocianych zmiany kształtu liści na krótkopędzie drzewa od węzła do węzła — zastanówmy się, na czym polega podobieństwo morfologiczne i fizjologiczne obu powyższych zjawisk i jakie są między nimi różnice.

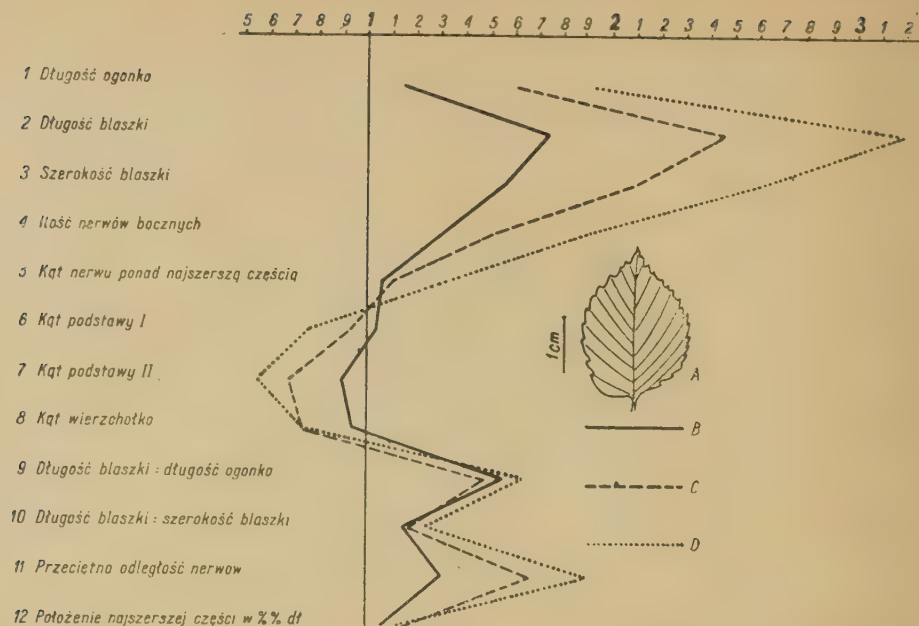
Jeżeli chodzi o podobieństwo morfologiczne, to w dawniejszych pracach, dotyczących zmian kształtu liści u roślin heteroblastycznych, zadowalniało się jedynie opisem kształtów, popartym rysunkiem lub fotogra-

fią, co nie dawało pełnego obrazu przebiegu zmian. W nowszych rozprawach spotykamy ściślejsze dane dotyczące zmian poszczególnych cech liści przedstawione w formie wyników pomiarów lub wykresów (Ashby, Wangermann, Krenke, Sironval i inni). Wynika z nich, że u kolejnych liści jedne cechy zmieniają się stale w określonym kierunku — to znaczy wartości otrzymane z pomiarów są coraz większe lub coraz mniejsze — u innych zaś kierunek może ulegać zmianie. Na przykład u buraka cukrowego zwiększa się od węzła do węzła kąt podstawy blaszki i nerwu głównego, dzięki czemu liście, wpierw klinowate, stają się coraz bardziej sercowate, a długość ogonka zwiększa się tylko do pewnego węzła, po czym stopniowo maleje (Krenke - Bieleńska, 1940).

Jeśli chodzi o liście na krótkopędach, to, o ile się nie mylę, wykonano dotychczas tylko jedną pracę, w której starano się ująć ściśle morfologiczne różnice kolejnych liści na krótkopędzie. Jest to praca A. Miłkowskiej (1954). Autorka wykazała w niej na podstawie biometrycznej, że zmiany kształtów liści na krótkopędach wegetatywnych *Ulmus laevis* Pall. są kierunkowe, to znaczy wartości wielu cech zwiększają się lub zmniejszają w miarę posuwania się od węzła do węzła (ryc. 6). Na przykład w miarę zwiększania długości i szerokości liści, zmniejszały się, czyli zaostrzały się ich kąty podstawy i wierzchołka, położenie zaś najszerszej części blaszki przesunęło się coraz wyżej. Byłaby więc analogia między morfologicznymi zmianami liści form młodocianych a morfologicznymi zmianami kolejnych liści na krótkopędzie.

Jeżeli chodzi o podobieństwo fizjologiczne między warunkami powstawania kolejnych liści u form młodocianych a powstawaniem kolejnych liści na krótkopędach drzewa to, o ile szukałibyśmy przyczyn różnic ich kształtów w dostarczanych im materiałach pokarmowych, trzeba by przyjąć podobnie, jak twierdził Goebel, nie ilość, ale jakość pokarmów, która byłaby inna od węzła do węzła już w chwili, kiedy liście zaczynają się tworzyć w pączku. Zapas materiałów pokarmowych w drewnie jest zwykle tak duży, że wystarcza nie tylko na jednorazowe pędzenie liści na krótkopędach, ale i na wtórne pędzenie, o ile liście wiosenne ulegną zniszczeniu pod działaniem mrozów lub szkodników. Nie można więc uważać pierwszych małych liści na krótkopędzie za formy głodowe.

Różnica między zmianami kształtów liści na pędzie rozwijającej się rośliny a zmianą kształtów liści w obrębie krótkopędów drzewa leży w tym, że pierwsze nie mają ograniczonego rozwoju i w sprzyjających warunkach roślina może wytwarzać coraz to młodsze, jeśli chodzi o czas ich powstania. liście tak długo, jak długo ma żywy merystem w wierzchołku wzrostu. Na krótkopędzie drzewa rozwija się zaś normalnie na wiosnę tylko ograniczona ilość liści, po czym merystem spoczywa. Krótkopęd ten jest już gotowy w głównych zarysach w pączku i jego liście pojawiają się prawie równocześnie, czasem tylko z różnicą paru godzin. Po okresie spo-

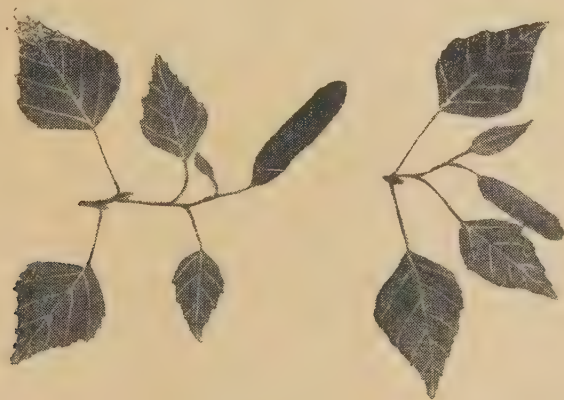


Ryc. 6. Wzajemny stosunek kształtu liści na krótkopędzie wiązu szypułkowego. A — najmniejszy liść, który jest jednostką porównawczą (linia pionowa prosta), B — drugi liść, C — trzeci liść, D — czwarty liść (porównaj ryc. 13a). Według Miłkowskiej

Mutual relation of forms of successive leaves of *Ulmus leavis*: A — first leaf, which is a comparative unit (vertical straight line), B — second leaf, C — third leaf, D — forth leaf. From Miłkowska (compare fig. 13 a)

czynku, który trwa dłużej lub krócej, zależnie od gatunku drzewa, a często i od warunków atmosferycznych, następuje dalsze pędzenie liści, ale tylko na niektórych krótkopędach. Jest to jednak zjawisko tworzenia długopędów i należy do innej kategorii zjawisk zachodzących w obrębie drzewa. Wynikiem ograniczenia ilości na krótkopędzie jest zjawisko, że krótkopęd ma charakter układu zamkniętego, co daje w rezultacie większą możliwość wzajemnego oddziaływania liści na siebie. Z tego powodu poza wymienionymi wyżej różnicami czynników morfogenetycznych w kolejnych węzłach oraz poza możliwością odciągania przez rosnące intensywniej na końcach pędów liście materiałów pokarmowych i wody, przez co leżące niżej byłyby odżywione słabiej, mimo że leżą bliżej źródła pokarmów, nie można wykluczyć również hamującego oddziaływania rosnących na końcach pędów liści na rosnące niżej analogicznego do hamowania przez długopęd rozwoju pędów leżących głębiej (Jost, 1935). Różnice w kształcie mogłyby być w takim przypadku wywołane albo zatrzymywaniem liści leżących niżej na wcześniejszym stadium rozwoju, albo specyficznymi substancjami kształtotwórczymi, mającymi swe źródło w pędzących silniej na końcach pędów liściach. Substancje te byłyby przeprowadzone od końców pędów w głąb rośliny.

Odpowiedź na powyższe zagadnienie dają do pewnego stopnia doświadczenia rozpoczęte w r. 1952 przez autorkę rozprawy (S z a f e r o w a, 1954). Doświadczenia z r. 1952 polegały na obcinaniu krótkopędów *Ulmus laevis* powyżej pierwszego liścia natychmiast po pojawieniu się ich pączków. Na krótkopędach zostawiono jedynie pierwszy najniżej leżący liść. Liście te zebrano w połowie sierpnia 1952 r., pomierzono i porównano z pierwszymi wyrosłymi na normalnych krótkopędach z tej samej strony korony, na tej samej wysokości drzewa. Okazało się, że liście na oberwanych krótkopędach były w rezultacie większe niż na normalnych, długość zaś ich wzrosła przeciętnie o 25%, kształt jednak nie uległ zmianie. Widocznie dalsze liście normalnego krótkopędu rosnąc odbierają najniżej położonemu liściowi część pokarmów i wody, co wpływa na zmniejszenie jego rozmiarów. Nie mają jednak wpływu na jego kształt związany z węzłem, z którego liść wyrasta. Dalsze badania nad powyższym zagadnieniem są w toku.



Ryc. 7. Kolejne liście na krótkopędach owocujących brzozy ojcowskiej

Betula oycoviensis: Successive leaves on dwarf shoots with catkins. The first leaves are the largest

Na krótkopędach owocujących sukcesja liści przebiega nieraz inaczej niż na krótkopędach wegetatywnych tych samych gatunków drzew lub krzewów. Na przykład u głogu liście zmieniają się od węzła do węzła, osiągają pewne maximum wielkości i kształtu, a następnie na końcu pędu ulegają redukcji pod względem kształtu lub wielkości i kształtu. Widać to na rycinie 12a, gdzie liść siódmy, a zarazem ostatni, jest bardziej zbliżony kształtem do czwartego niż do szóstego. U brzozy ojcowskiej (*Betula oycoviensis* Bess.), która ma krótkopędy owocujące bardziej wydłużone niż inne brzozy z grupy „albae” i opatrzone najczęściej 4 liśćmi, największy jest zwykle pierwszy liść, a następne są stopniowo coraz mniejsze

i o coraz silniej zredukowanej blaszce (ryc. 7). Jest tu więc zjawisko odwrotne niż u *Ulmus laevis* lub w rodzaju *Crataegus* i świadczy również o tym, że nie można uważać pierwszych niedorodnych liści na krótkopędach tych drzew za formy niedożywione. Sprawa sukcesywnych zmian liści na krótkopędach roślin zdrewniałych wymaga dokładnego opracowania przy użyciu metod statystycznych.

B. Zależność kształtu liści od charakteru krótkopędu

Z tego co powiedziałam w ostatnim ustępie, wynika, że sukcesja liści przebiega nieco inaczej na krótkopędach wegetatywnych niż na krótkopędach owocujących. W rezultacie powinniśmy spotkać różnice w kształcie i zmienności między liśćmi na krótkopędach owocujących i na krótkopędach wegetatywnych tych samych osobników. Tę sprawę omówię teraz jako drugie zagadnienie dotyczące liści krótkopędów drzew. Wzajemny stosunek wielkości i kształtu liści na krótkopędach owocujących i wegetatywnych jest różny zależnie od rodzaju bądź gatunku drzewa. Dokładne badania były przeprowadzane nad pięcioma gatunkami, należącymi do rodzaju *Betula* (Szaferowa, 1937). Zbadano 10 drzew należących do następujących gatunków: *Betula verrucosa*, *B. pubescens*, *B. obscura*, *B. carpatica* i *B. oycoviensis*. Trzy pierwsze gatunki miały najczęściej na krótkopędach wegetatywnych 2 liście, na krótkopędach owocujących zaś występowała tendencja do zwiększenia ilości liści na krótkopędzie, która wyrażała się różnicą w średnich arytmetycznych wynoszącą kilka do kilkunastu setnych. U brzozy karpackiej (*Betula carpatica*) spotykałam naj-

Ryc. 8. I. Stosunek kształtu liści z krótkopędów owocujących 5 gatunków brzozy (linie łamane) do liści z krótkopędów wegetatywnych tych samych drzew (linia pionowa prosta). Stosunek ten jest podobny u wszystkich gatunków brzozy.

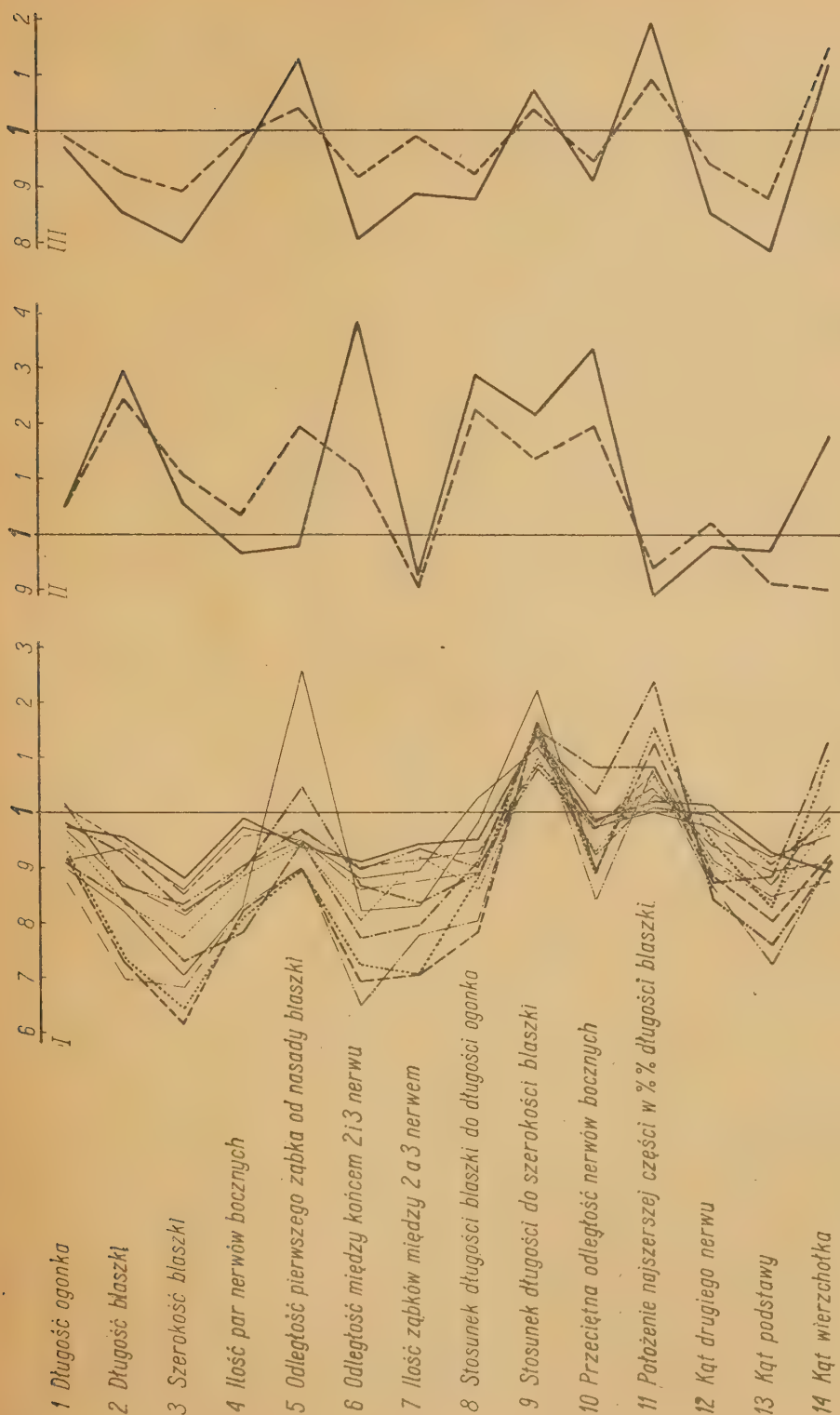
II. Stosunek kształtu liści *Betula verrucosa*: na długopędach (linia łamana przerywana) oraz na odroślach (linia łamana ciągła) do liści na krótkopędach wegetatywnych tego samego drzewa

III. Stosunek kształtu liści na krótkopędach wegetatywnych ze środkowej części korony (linia łamana przerywana) oraz z górnej części korony (linia łamana ciągła) do liści z dolnej części korony z tego samego drzewa (linia pionowa prosta). Jest on bardzo podobny do stosunku, który widzimy na wykresie I.

I. Ratio of form of leaves from dwarf shoots with catkins of 5 species of *Betula* (polygonal lines) to leaves from vegetative dwarf shoots of the same trees (vertical straight line). It is alike in all samples

II. Ratio of form of leaves of *Betula verrucosa* on long shoots (broken polygonal line) and on sprouts (continuous polygonal line) to the leaves on vegetative dwarf shoots of the same tree (vertical, straight line). The leaves on long shoots and on sprouts are alike, but the latter are larger and have a lower position of the widest part and a broader apex angle

III. Ratio of form of leaves of vegetative dwarf shoots from the middle part of the crown (broken polygonal line) and of leaves from the upper part of the crown (solid polygonal line) to the leaves of the lower part of the crown of *Betula verrucosa* (vertical straight line) It resemble to the ratio of form on diagram I



Ryc. 8. (Objaśnienie na str. 216)

częściej 3 liście na krótkopędzie również z tendencją do nieznacznego zwiększania ilości liści na krótkopędach owocujących. Brzoza ojcowska (*Betula oycoviensis* Bess.), która ma z natury znacznie mniejsze liście niż wyżej wymienione, miała najczęściej po trzy liście na krótkopędach vegetatywnych, a po cztery na owocujących. Poza opisanymi 10 drzewami zbadano dwie próby lokalne, złożone z większej ilości drzew, biorąc z każdego drzewa po jednym krótkopędzie vegetatywnym i po jednym krótkopędzie owocującym. Jedna z tych prób pochodziła ze środkowej Polski (*Betula verrucosa*), druga z Tatr (*Betula carpatica*). Liście na krótkopędach były charakteryzowane pod względem 14 cech. Wyniki tych pomiarów są przedstawione graficznie na wykresie I ryciny 8. Linia pionowa z nagłówkiem „1” obrazuje tam średnie arytmetyczne z pomiarów ilości z krótkopędów vegetatywnych, 12 linii łamanych wskazuje, o ile średnie arytmetyczne z pomiarów liści z krótkopędów owocujących są większe lub mniejsze niż liście z krótkopędów vegetatywnych danego drzewa lub grupy drzew. Jest to jakby 12 wykresów. Każdy z nich odnosi się do jednego drzewa albo jednej grupy drzew, na których jednostką porównawczą były liście z krótkopędów vegetatywnych. Wykresy te nasunięto na siebie tak, że jednostki porównawcze pokryły się, tworząc jednolitą linię prostą. Wykres I na rycinie 8 jest bardzo wymowny. Widzimy na nim, że niezależnie od tego, czy przeprowadzano porównanie liści w obrębie poszczególnych osobników, czy też na całych grupach drzew — różnice między liśćmi na krótkopędach vegetatywnych i owocujących były bardzo podobne u wszystkich badanych gatunków. Szczególnie w wypadku cechy 9 wszystkie linie zbiegają się omal w jednym punkcie. Jest to stosunek długości do szerokości blaszki liściowej. Liście na krótkopędach owocujących były trochę węższe od liści na krótkopędach vegetatywnych, stosunek ten był identyczny u wszystkich gatunków, niezależnie od kształtu liści danego osobnika. Na przykład badany okaz *Betula pubescens* miał liście na krótkopędach vegetatywnych stosunkowo długie i wąskie, gdyż były one przeciętnie 1,5 razy dłuższe od swej szerokości. Dwa badane okazy *Betula carpatica* miały na krótkopędach vegetatywnych znacznie szersze liście, gdyż szerokość ich mieściła się w długości przeciętnie tylko 1,2 razy. Jeżeli jednak przeprowadziłam w obrębie tych trzech drzew porównanie między liśćmi na krótkopędach owocujących i vegetatywnych, to na vegetatywnych były one u *Betula pubescens* 1.27 razy szersze od liści na krótkopędach owocujących, u *Betula carpatica* zaś 1.22 i 1.25. U *Betula oycoviensis*, która miała blaszki liściowe 2 razy mniejsze niż *Betula pubescens* i innego kształtu, różnica w stosunku długości do szerokości między liśćmi na pędach owocujących i vegetatywnych wynosiła 1.25. Zgodność jest więc tutaj uderzająca.

Ogólna charakterystyka różnic między liśćmi przedstawiała się następująco: liście na krótkopędach owocujących miały blaszki niezależnie od

gatunku brzozy przeciętnie krótsze i stosunkowo węższe. Ogonki ich były równie długie lub zmniejszały się, ale w słabszym stopniu niż blaszki, wskutek czego liście na pędach owocujących miały na ogół dłuższe ogonki. Wyraźna różnica kształtu blaszki zachodziła w kącie podstawy, który u wszystkich liści na krótkopędach owocujących był bardziej ostry w stosunku do nerwu głównego niż na wegetatywnych (13) oraz w położeniu najszerzej części blaszki, która u tych liści leżała przeważnie dalej od podstawy (11), (ryc. 9. A. B.). Ostatnie dwie cechy mają duże znaczenie dla ogólnego kształtu liści brzoź.

Praca z r. 1937 nie była robiona dla wyjaśnienia zagadnień morfogenetycznych. Powstała ona w czasie przygotowywania materiałów do analizy zbiorowego gatunku *Betula alba* L. na podstawie pomiarów liści (Szaferowa, 1949 — 1952). Chodziło o zadecydowanie, na których liściach opierać badania, aby były one porównywalne i dały jak najlepsze rezultaty. Wyniki pracy świadczące o ścisłym związku między kształtem liści na pędach owocujących i wegetatywnych brzoź, niezależnie od gatunku, skłoniły mnie do ogłoszenia ich w osobnej rozprawie.

Zastanówmy się, jakie mogą być przyczyny tego dimorfizmu liści związanego z obecnością lub nieobecnością kotki na danym pędzie? Idąc śladem rozumowania z poprzedniego rozdziału możemy tu przyjąć działanie następujących czynników:

1. Zatrzymanie liści na wcześniejszym stadium rozwoju na skutek odebrania im części pokarmów przez rozwijającą się kotkę lub na skutek działania substancji hamujących wydzielanych przez kotkę.

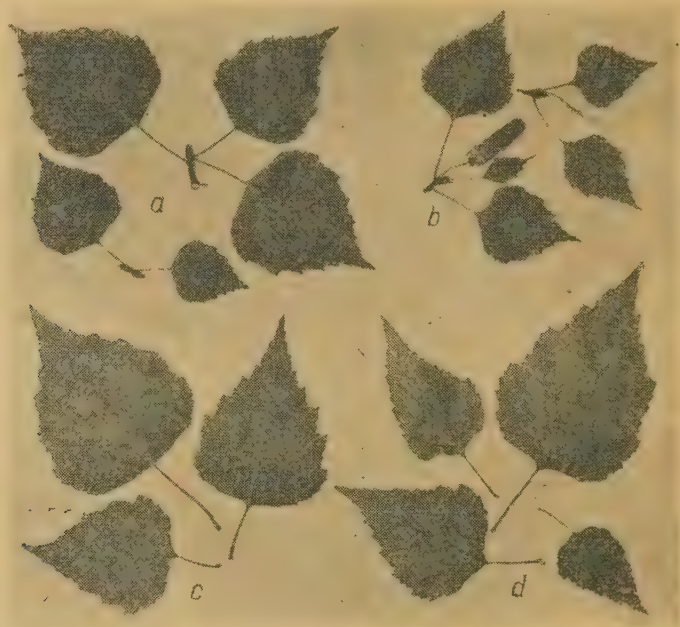
2. Wydzielanie przez rosnącą kotkę specyficznych substancji, które wpływają na zmianę kształtu liści.

3. Obecność innych czynników morfogenetycznych wpływających na ilość i kształt liści w pączkach w chwili tworzenia krótkopędów z kotkami, a innych w pączkach krótkopędów wegetatywnych, czyli w bardzo wczesnych stadiach rozwoju.

Odpowiedź na pytanie, który z tych czynników jest decydujący, może dać do pewnego stopnia doświadczenie polegające na obcinaniu żeńskich kotek brzoź natychmiast po ich ukazaniu się z pączków. Jeżeli na pozbawionych kotek krótkopędach rozwijają się liście takie same, jak na krótkopędach wegetatywnych, wtedy przyczyny dimorfizmu można upatrywać w rosnącej kotce. Można wtedy będzie próbować znaleźć odpowiedź, czy kotka rosnąc hamuje tylko rozwój liści, czy też wpływa specyficznie na zmianę ich kształtów. Nie jest bowiem trudne do zbadania przy sumieniu przeprowadzonych pomiarach różnych stadiów rozwoju liści, czy kształt liści na krótkopędach owocujących jest, czy nie, jednym ze stadiów rozwojowych liści na krótkopędach, stosując na przykład metodę podobną

do tej, jaką zastosowała A. Miłkowska, badając wzrost liści wiązu (1954).

Jeżeli usunięcie kotek zaraz po pojawieniu się ich z pączków nie wpłynie na zmianę kształtu liści, to trzeba będzie przyjąć, że już w pącz-



Ryc. 9. Liście brzozy brodawkowatej: A — z krótkopędów
vegetatywnych, B — z krótkopędów owocujących, C —
z długopędów, D — z odrośli

Leaves of *Betula verrucosa*: A — from vegetative dwarf
shoots, B — from fertile dwarf shoots, C — from long shoots,
D — from sprouts (compare fig. 8 I and II)

ku w chwili powstania krótkopędu z kotką znajdują się inne właściwości morfogenetyczne niż w chwili powstawania krótkopędu vegetatywnego. czego rezultatem jest charakterystyczny kształt liści. To zjawisko tłumaczyłoby również różnice w ilości liści na krótkopędach owocujących i vegetatywnych niektórych drzew, na przykład brzozy ojcowskiej lub głogu. Trudno oczywiście będzie orzec, czy ten sam czynnik wpływa na wytwarzanie kotki i na zmianę ilości i kształtu tworzących się liści, czy też jedno zjawisko jest konsekwencją drugiego. W każdym bądź razie przyczyny dimorfizmu trzeba by tu upatrywać w czynniku wymienionym pod liczbą 3. Dalszy rozwój kotki, zakwitanie i wytwarzanie owoców, mogłyby już wtedy nie mieć wpływu na sąsiadujące z kotką liście.

Powyższe uwagi świadczą o tym, ile żywotnych wniosków można wyprowadzić z błahego na pozór doświadczenia. Podobne doświadczenia oraz szczegółowe badania biometryczne trzeba przeprowadzać na różnych drze-

wach. Objawiają się wtedy wspólne właściwości poszczególnych gatunków i rodzajów oraz zachodzące między nimi różnice, co może dopomóc do wyjaśnienia niektórych ogólnych praw biologicznych. W bieżącym roku jeden z młodych pracowników Instytutu Botanicznego w Krakowie rozpoczął badania nad zmiennością liści głogu w obrębie jednego indywiduum. Praca ta ma dotyczyć zarówno zagadnienia różnic w ilości i kształcie liści na krótkopędach owocujących i wegetatywnych, jak i zagadnienia kolejnych zmian kształtu liści na krótkopędzie. Tego rodzaju opracowań potrzeba nam jak najwięcej.

C. Kształt liści na długopędzie drzewa

Następnym zagadnieniem, które pragnę omówić, będzie kształt liści na długopędach, czyli na tak zwanych pędach letnich.

Po okresie spoczynku, w czasie którego główne siły żywotne drzewa są skierowane ku kwitnieniu i zawiązaniu owoców i który trwa krócej lub dłużej zależnie od gatunku drzewa, a czasem i od warunków atmosferycznych, następuje ponowne pędzenie liści. Tym razem pędzą nie wszystkie pączki, ale prawie wyłącznie pączki krótkopędów na końcach lub blisko końców pędów z poprzedniego roku, tworząc tak zwane długopędy albo pędy letnie. Zaczyna się okres wzrostu drzewa na wysokość i powiększanie rozmiarów korony. Liście długopędów różnią się od liści krótkopędów zarówno kształtem, jak rozmiarami, co widać dobrze na ryc. 11 i 12. Dokładne badania były robione w obrębie jednej brzozy, z której zebrano materiały jesienią, kiedy liście letnie były już zupełnie wyrosnięte (S z a f e r o w a, 1937). Liście te porównane z liśćmi na krótkopędach tego samego drzewa wykazały interesujące właściwości. Miały dłuższe a stosunkowo węższe blaszki na ogonkach niezmienionej długości, ostrzejsze wierzchołki i niżej położoną najszerszą część. Najbardziej interesujące było to, że podobnej zmianie uległy liście krótkopędu, z którego wyrósł długopęd, a więc liście wiosenne. W chwili wyrastania długopędu były one już całkiem ukształtowane i zostały pobudzone do wtórnego wzrostu. Wzrost na długość odbywał się widocznie silniej w górnej części blaszki niż w dolnej, skoro wynikiem jest opisana wyżej zmiana kształtu. Stosunek liści na długopędach *Betula verrucosa* do liści na pędach wegetatywnych przedstawia wykres II na ryc. 8. Wtórny wzrost liści krótkopędu, wywołany rośnięciem długopędu z jego pączka szczytowego, zaznacza się jeszcze silniej u gatunku *Betula oycoviensis*, która ma na krótkopędach wegetatywnych małe liście, przeciętnie 22 mm długości, liście zaś na pędach letnich niewiele różnią się wielkością od liści *Betula verrucosa*. Widać to dobrze na fotografii (ryc. 10). Rycina 11 przedstawia fotografię gałązki *Ulmus montana*, na której ze szczytowego krótkopędu wyrósł pęd letni. Na wiosnę nie ma dużej różnicy w wielkości między liśćmi na krót-

kopędach na końcach gałązek i leżących niżej, zmiana zarówno w wielkości, jak w kształcie następuje dopiero w czasie pędzenia letniego. Charakteryzuje się ona między innymi wybitnym rozszerzeniem obu kątów



Ryc. 10. Brzoza ojcowska. Na lewo gałązka ścięta na początku czerwca. Pierwsze liście długopędów, które są liśćmi wiosennymi, nie są dłuższe, niż inne liście wiosenne. Na prawo dwie gałązki zebrane we wrześniu. Pierwsze liście długopędów są na nich wybitnie większe, niż leżące pod nimi liście na krótkopędach

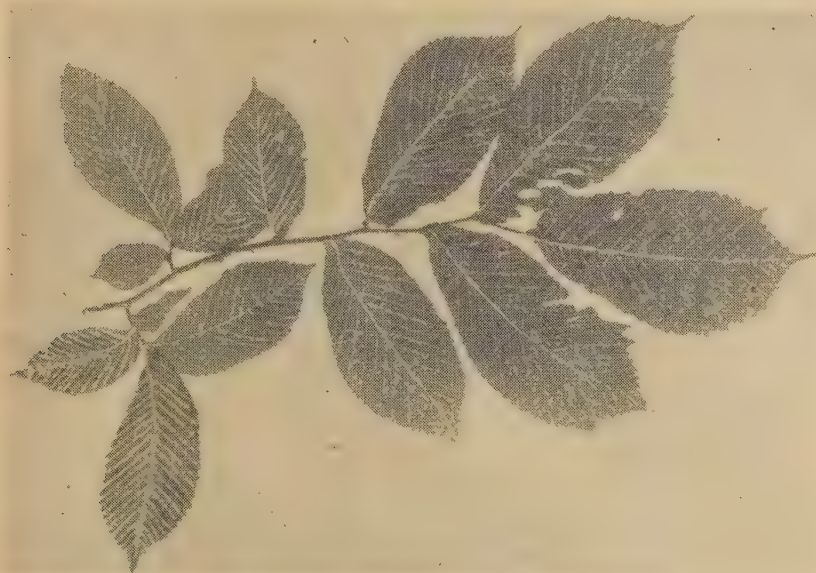
Betula oycoviensis. On the left a twig collected early in June when the long shoots began to develop. The first leaves of the long shoots, which are really leaves from dwarf shoots, are not larger than other spring leaves. On the right twigs collected in September. The first three leaves of the long shoots are spring leaves, which became larger after the long shoots began to develop

podstawy liści, co widać dobrze na fotografii. Podobne zjawisko różnic w wielkości i kształcie liści wiosennych i letnich obserwujemy u rodzaju *Crataegus* (ryc. 12).

Jeżeli chodzi o różnicę warunków zewnętrznych w okresie pędzenia pędów wiosennych i w okresie pędzenia pędów letnich, to na pierwszy plan wysuwa się różnica w długości dnia. Prace Hardera i Witscha (1940), Hardera i Bodego (1943) oraz Ashby (1950) wykazują

niechybny wpływ długości dnia na kształt liści. Czy ten czynnik gra także rolę u drzew — odpowiedzieć może dopiero wynik doświadczenia.

Poza opisaną wyżej różnicą w kształcie liści na pędach wegetatywnych wiosennych i letnich trzeba by jeszcze zbadać, czy nie ma różnic między kształtem liści następujących po sobie kolejno na długopędzie.



Ryc. 11. Gałązka wiązu górskiego z dwoma krótkopędami oraz z letnim długopędem. Pierwsze liście długopędu są liśćmi wiosennymi, których wielkość i kształt uległ zmianie w czasie pędzenia pędu letniego. Zaznacza się to specjalnie w kątach podstawy liści

Twig of *Ulmus montana* with two dwarf shoots with spring leaves and a long shoot with summer leaves. The first three leaves of it are spring leaves which have changed in size and form after the long shoot began to develop

analogicznie do badań nad kolejnymi liśćmi na krótkopędzie opisanymi wyżej. Wiadomo, że na długopędach są duże różnice w wielkości liści; początkowo są liście coraz większe, potem maleją. Sprawa, czy zmienia się równocześnie i kształt liści, wymaga zbadania.

D. Kształt liści na odroślach

Zmienność kształtów tych liści jest od dawna znana. Dochodzą one czasem do tak fantastycznych rozmiarów i kształtów, że nie przypominają liści rośliny macierzystej. Zaznacza się to szczególnie wyraźnie u ściętych drzew, które mają zdrowe i silnie rozwinięte korzenie dostarczające obudzonemu na ściętym pniaku pączkom bądź pączkom przybyszowym na korzeniach nadmiaru wody i soli mineralnych. Liście na odroślach żyjącego

drzewa nie dorastają tak dużych rozmiarów, mają jednak swój charakterystyczny kształt (ryc. 13).



Ryc. 12. Kolejne liście na pędach *Crataegus monogyna*: a — z krótkopędów owocujących, b — z krótkopędów wegetatywnych, c — z długopędów tego samego drzewa. Tylko ostatnie dwa liście z krótkopędu wegetatywnego i odpowiednie oraz następne liście z długopędu są charakterystyczne dla *Crataegus monogyna* z systematycznego punktu widzenia

Crataegus monogyna. Above: successive leaves on a fertile dwarf shoot (a) and on a vegetative dwarf shoot (b). Below: successive leaves on a long shoot of the same tree (c). The first leaves of the long shoot are spring leaves, which have changed in size and form after the long shoot began to develop. Only the last two leaves on the vegetative dwarf shoot and the corresponding and successive leaves on the long shoot are characteristic of *Crataegus monogyna* from the taxonomic viewpoint

Już z tego, co napisałam widać, że pędy, które nazywamy popularnie odroślami, mogą być dwojakiego pochodzenia. Jedne powstają z pączków śpiących, które zawiązały się w pachwinach liści w czasie fizjologicznej



Ryc. 13. *Ulmus laevis*: a — kolejne liście na krótkopędzie, b — kolejne liście na odrośli tego samego drzewa. Różnica między nimi dotyczy nie tylko kształtu, lecz również ilości i charakteru nerwów bocznych

Ulmus laevis: a — successive leaves from a dwarf shoot, b — successive leaves from a sprout of the same tree. There is a great difference between a and b not only in form, but in number and character of lateral nerves

młodości rośliny, inne zaś — z pączków przybyszowych, które mogą się tworzyć w różnych częściach rośliny i w różnym czasie. Trudno jest nieraz zorientować się, z jakich pączków powstało odrośle, trzeba by robić dopiero badania anatomiczne, aby wykazać, czy dany pączek miał, czy nie miał połączenia z rdzeniem. Liście na pędach powstałych z pączków, które zawiązały się w czasie fizjologicznej młodości rośliny, mogą mieć kształt liści związany z młodością. Na kształt liści wyrastających z pączków przybyszowych mogą mieć wpływ całkiem odrębne czynniki.

Brzoza, u której mierzyłam w r. 1937 liście na pędach letnich, miała w dolnej części pnia odrośla. Z tych odrośli zmierzyłam również 100 liści i porównałam z liśćmi na krótkopędach wegetatywnych i na długopędach (S z a f e r o w a, 1937). Wyniki tych pomiarów obrazuje linia łamana ciągła na wykresie III (ryc. 8), fotografię zaś liści mamy na ryc. 9. Widzimy, że liście na odroślach były bardzo podobne z kształtu do liści na długopędach, były jednak jeszcze dłuższe, stosunkowo węższe, z niżej położoną najszerszą częścią, a za to mniej ostrym wierzchołkiem. Poza tym, jak na-

pisałam w r. 1937, były bardzo cienkie i „robiły wrażenie lichego towaru wytworzonego szybko i niestarannie jednak według reguł, które kierują tworzeniem innych liści letnich“.



Ryc. 14. *Betula verrucosa*. Liście: a — z dolnej, b — ze środkowej, c — z górnej części korony. Według Truchanowiczówny
Betula verrucosa: Leaves from the lower (a), the middle (b) and the upper part of the crown (c), From Truchanowiczówna

III. ZWIĄZEK KSZTAŁTU LIŚCI Z POŁOŻENIEM W KORONIE DRZEWA

Odrębne zagadnienie przedstawia związek kształtu liści z położeniem w koronie drzewa. Zagadnienie to interesowało biometryków badających liście drzew dla celów systematycznych. Chodziło o to, czy obojętne jest, z jakiego poziomu korony drzewa bierze się liście do pomiarów, badane liście muszą być bowiem porównywalne. Praca wykonana przez J. Truchanowiczównę (1954) miała na celu wyjaśnienie tego zagadnienia. Miała ona charakter wywiadu i dlatego wybrano jako materiał 5 drzew należących do odrębnych rodzajów. Wyniki pracy były dla biometryków konkretne, wykazano bowiem, że liście wszystkich badanych drzew ulegały zmianie w miarę odległości od nasady korony. Poza tym jednak wynikiem — dane orientacyjne zdobyte na podstawie pomiarów 1500 liści z 5 drzew, to znaczy po 100 liści z 50 krótkopędów wegetatywnych z dolnej, środkowej i górnej części korony każdego drzewa, nasunęły pewne problemy dotyczące zagadnień morfogenezy liści. Przytoczę parę przykładów. Na wykresie III ryciny 8 mamy przedstawiony graficznie stosunek kształtu liści brzozy ze środkowej (linia łamana przerywana) i górnej części korony (linia łamana ciągła) do kształtu liści z dolnej części korony (li-

nia pionowa prosta). Na wykresie widzimy, że liście są ku górze korony coraz mniejsze, przy czym następują kierunkowe zmiany kształtu. Jeżeli zaś porównamy wykres III na rycinie 8 z wykresem I, obrazującym stosu-



Ryc. 15. *Quercus robur*. Liście: a — z dolnej, b — ze środkowej, c — z górnej części korony. Według Truchanowiczówny

Quercus robur: Leaves from the lower (a), from the middle (b) and from the upper part of the crown (c). From Truchanowiczówna

nek liści na pędach owocujących do liści na pędach wegetatywnych brzoź, to zobaczymy, że zmiany kształtu liści są na obu wykresach bardzo podobne. Jak to należy rozumieć? W miarę oddalania od ziemi zmieniają się zarówno zewnętrzne, jak i wewnętrzne warunki życia drzewa. Górna część korony jest bardziej oddalona od źródła wody i soli mineralnych, ma natomiast za to więcej światła oraz inne warunki termiczne i atmosferyczne (wilgoć, dopływ tlenu) itd. Gdyby się udało wykazać, że liście w górnej części korony są zatrzymane niejako na wcześniejszym stadium rozwoju, można by je uważać za liście, które ze względów edaficznych nie doszły do swego maksymalnego rozwoju. Wtedy byłaby zrozumiała stopniowa zmiana kształtów liści od dołu ku górze korony. Jeżeli jednak powyższe kształty nie są odpowiednikiem jednego ze stadiów wzrostu liści, to o ile u liści na krótkopędach owocujących można było stosunkowo łatwo upatrywać w kotce czynnik, który mógł wpływać specyficznie na zmianę kształtu, trudno dopatrywać się tego samego czynnika w stopniu

oddalenia liści od nasady korony. Poza tym nie u wszystkich badanych drzew przebiega zmiana tak ściśle kierunkowo, jak u brzozy (ryc. 14). U badanej lipy (*Tilia cordata*) liście malały wprawdzie w miarę posuwania się ku górze korony, najgłębiej jednak wyciętą sercowatą podstawę i najsilniej wyciągnięty wierzchołek — czyli najbardziej typowe blaszki — miały liście w środkowej części drzewa. Dąb *Quercus robur* miał największe i najlepiej wykształcone liście w środkowej części korony, o głębiej wyciętych niż u pozostałych liści zatokach i silnie rozwiniętym systemie nerwów bocznych (ryc. 15). To wszystko świadczy, że nie można zjawiska zmiany liści w związku z położeniem w koronie drzewa łączyć od jednego czynnika, na przykład od coraz trudniejszego transportu wody z solami mineralnymi z gleby do wyższych partii korony. Jest to niechybnie zjawisko o wiele bardziej skomplikowane. Oczywiście badania tego typu, jakie robiła J. Truchanowiczówna, trzeba przeprowadzić na większym materiale, aby wykluczyć indywidualne właściwości osobników, a wyróżnić cechy charakterystyczne dla gatunków czy też dla rodzajów drzew. Niemniej jednak wyniki jej pracy pozwalają przypuszczać, że mamy tu do czynienia z jakąś prawidłowością natury ogólnej.

UWAGI KOŃCOWE

W powyższych rozdziałach omówiłam sześć czynników, z którymi wiąże się charakterystyczna zmiana kształtu liści w obrębie jednego drzewa, a mianowicie:

1. Związek kształtu liści z wiekiem fizjologicznym drzewa.
2. Związek kształtu liści z ich położeniem na pędzie.
3. Zależność kształtu liści od obecności lub nieobecności kwiatostanu na krótkopędzie.

4. Związek kształtu liści z pędzeniem długopędów.
5. Związek kształtu liści z tworzeniem się odrośli lub pijawek.
6. Związek kształtu liści z ich położeniem w koronie drzewa.

Nie jest to z pewnością lista zamknięta. Linii tych przy sumiennej analizie biometrycznej będzie można zauważyć prawdopodobnie więcej.

Na początku rozprawy powiedziałam, że wyosobnione przeze mnie linie, po których przebiegają zmiany kształtu liści, są niezależne od siebie. Powinno się to rozumieć w ten sposób: jeżeli wykażemy na przykład zmianę kształtu liści zachodzącą z wiekiem fizjologicznym rośliny, to tej stopniowej zmianie ulegać muszą wszystkie typy liści. Starzeje się z roku na rok każdy z kolejnych liści na krótkopędzie, choć wzajemny ich stosunek może nie ulegać przy tym zmianie. Starzeją się równocześnie na osobniku liście na długopędach, na krótkopędach owocujących i na krótkopędach wegetatywnych, ale różnice między nimi mogą pozostawać nadal te same. Również w miarę posuwania się ku górze korony zmianie

ulegają prawdopodobnie wszystkie typy liści, nie tylko liście na krótkopędach wegetatywnych, jak to przedstawia w swym wywiadzie naukowym J. Truchanowiczówna. Trzeba się przekonać, czy wszystkie ulegają podobnej zmianie, czy też każdy typ liścia zmienia się na swój sposób. Równocześnie należy pamiętać, że każda sumienna rejestracja zjawisk zbliża nas do wyjaśnienia jednej z największych tajemnic świata żywego — tajemnicy powstawania kształtów. Przyznać trzeba, że mimo wspaniałego rozwoju botaniki w pierwszej połowie obecnego wieku, jak również i rozwoju biochemii, w dziedzinie powstawania kształtów nie posunęliśmy się wiele naprzód od znamienego powiedzenia G o e b l a. że „nie ilość, ale jakość materii organicznej wpływa na kształt“. Wszelkie hormony czy substancje kształtotwórcze, mimo że wykazywano nawet ich przewodzenie nie tylko w dół, ale i w górę pędu (H a r d e r i W i t s c h, A s h b y), są dotychczas teorią. Jedyną konkretną rzeczą, którą udało się wyosobnić, są auksyny wzrostowe, ale one nie tłumaczą przyczyn kształtów. Nawet przeprowadzenie dowodu, że kształt liścia jest zależny od szybkości i sposobu podziału komórek w różnych jego częściach — a podział ten jest w ścisłym związku z nagromadzeniem auksyn w odpowiednich częściach liścia — nie wyjaśni przyczyn takiego akurat, a nie innego rozmieszczenia auksyn. Toteż myśli te, które dziś wypowiadam, mają na celu zachętę do jak najliczniejszych sumiennych rejestracji zjawisk zmian kształtów zachodzących w przyrodzie. Taka rejestracja poparta o ile możliwości danymi statystycznymi może ułatwić fizjologowi badającemu przyczyny kształtów dotarcie do ich źródła. Zjawisk, jakie opisałam wyżej, sam fizjolog nie będzie mógł zauważyć, współpraca jednak morfologa i fizjologa może utorować drogę do zrozumienia i wyjaśnienia jednej z największych i najtrudniejszych do rozwiązania zagadki, jaką jest kształt w świecie przyrody ożywionej.

Zakład Botaniki PAN w Krakowie

(Wpłynęło dn. 10.IX.1954 r.)

S U M M A R Y

The aim of the author's present paper is to draw the attention of botanists interested in morphogenesis and, above all, that of plant-physiologists — to a series of phenomena occurring within a tree and with which there is associated a leaf-shape of one kind or another. The author endeavours to detect, in the apparent chaos of leaf variability within individual trees, a series of lines along which variability proceeds independently and as the result of causes that in each case are different. The author's reasoning is based on her own studies and on investigations carried out under her guidance, in the course of which the application of statistical methods revealed many details that had been previously difficult to notice. To some extent the author also makes use of data derived from literature but they are, unfortunately, scanty.

Prominent in the foreground is the problem of leaf variability in connection with the physiological age of trees. The point in question is not the change in leaf-shape from node to node during the first stage of a plant's life, but that of the differences existing between the leaves of trees whose age is one year, two years, three years, etc. Observation in this field is difficult, inasmuch as a tree lives longer than a human being; however, in the literature there is a number of indications that such a change does indeed occur. One must mention here, first of all, Kranz's studies concerning *Hedera helix* (1930), the results of Krenke's investigations carried out on fruit-trees, on *Thea sinensis* and on *Morus* (1940), and Fritzsche's studies pertaining to juvenile forms of apple-trees and pear-trees (1948). Included here ought to be the observations carried out by Benedict (1915), concerning the changes taking place in the leaf nervation of *Vitis vulpina*, and several similar studies pertaining to other tree-plants. Some pertinent figures are appended (fig. 1—3).

For the last several years, the author of the present paper has been conducting close observations, substantiated by leaf measurements on beech-seedlings in a natural forest-nursery in the Tatra Mountains (fig. 4). Similar investigations can be carried out in garden-nurseries or forest nurseries, of research institutes, where trees of various ages, derived from seeds of the same trees, are cultivated side by side. Such investigations deserve encouragement, especially in view of the fact that the possibility of determining a tree's physiological age on the basis of the shape of its leaves may be of great practical importance.

The second matter which the author wishes to discuss is the relation of leaf-shape to the shoot on which the leaves grow.

The author will deal, first of all, with the problem of change in leaf-shape in connection with the position of leaves on dwarf shoots. In many species of trees and shrubs the leaves appearing successively on a dwarf shoot differ both as to size and shape. Such are: *Ulmus*, *Fagus*, *Carpinus*, *Quercus*, *Corylus*, *Crataegus*, etc. (figs 5, 12a, b, 13). Striking is the resemblance of this phenomenon to that of the change in leaf-shape from node to node in youth forms of heteroblastic plants; this suggests that here the causes may also be similar.

The pioneer of experimental morphology, Karl Goebel, endeavoured to explain the youth forms of leaves by the meagre quantity of nutrients supplied to them (1908). He distinctly stresses, however, that he has in mind "nutrients" in the widest meaning of the term, in accordance with Sachs' theory of material and shape (Stoff und Form Theorie); he considers, therefore, that important here is not the quantity, but the quality of the nutrients supplied to a leaf. A further development of the problem of youth forms in Goebel's conception and its extension to a plant's whole life is to be found in Lundegårdh's hypothesis stating, in 1924, that newer and newer growth enzymes are produced in a plant as it develops from node to node; in Kranz's

statement, in the year 1930, that leaf-shape is a function of plant-age; and also in the demonstration given in 1940 by K r a n k e and his associates, that a relation exists between leaf-shape and the chemical properties of a plant at the moment of leaf formation.

Worthy of consideration now is the question of what are the similarities and differences between changes of leaf-shape in heteroblastic plants on the one hand, and changes of leaf-shape on dwarf shoots of trees. First of all, a dwarf shoot has the character of a closed system, being entirely ready in the bud; if a long shoot does not develop out of it in summertime, nothing develops on it during the period of vegetation. In contradiction to this, in a plant developing from seed, newer and newer leaves are produced, and their number is not restricted. In connection therewith, the leaves on a dwarf shoot may affect one another in a stronger degree, because their mutual relationship is contracted. The possibility exists, therefore, that leaves growing strongly at the ends of shoots draw away nutrients, in consequence of which lower-lying leaves would be nourished worse; neither can it be excluded, however, that leaves at the ends of shoots exert an inhibitory action on lower-lying ones, analogical to the inhibition caused by a developing long shoot with regard to the growth of other shoots. Differences in shape could be caused either by specific morphogenic substances, different from node to node, or by the suspension of development in the lower-lying leaves at an earlier stage; or, finally, by substances transported from leaves, growing strongly at the ends of shoots, towards the interior of shoots. It would be perhaps incorrect to ascribe the differences in size and shape of successive leaves on a dwarf shoot to weak nourishment of the first spring leaves, inasmuch as great alimentary reserves exist in a tree, and also as short shoots exist, on which the first leaves are the largest (fig. 7).

Accurate quantitative and qualitative investigations as to changes of leaf characters in heteroblastic plants from node to node were carried out by N. K r e n k e and his associates, by E. A s h b y and E. W a n g e r m a n n and by C. S i r o n v a l. As regard changes in leaves on dwarf shoots of trees, only one such study, as far as the author knows, has been carried out, i. e. by A. M i ł k o w s k a, in Poland, on *Ulmus laevis* (1954). M i ł k o w s k a demonstrated that the changes in leaf characters on dwarf shoots are markedly directional (fig. 6), that the differences in shape between leaves already exist partly immediately after the leaves have emerged from their buds, and that partly they originate in consequence of the unequal growth of leaves. The author of the present paper, continuing the latter work, carried out a series of experiments. One of those was the plucking of dwarf shoots above the first leaf immediately following its emergence from the bud. The growth of such leaves was greater than that of normal ones, and in autumn they were, on the average, about one-fourth longer, but their shape did not undergo alteration. Consequently, shape would be associated with the location in which a leaf grows. Further experiments are in progress.

The next phenomenon pertaining to changes in leaf-shape on dwarf shoots is the difference between leaves on vegetative and fruiting shoots. It varies, depending

on the genus of the investigated tree. Detailed studies were carried out by the author of the present paper on five species of the genus *Betula* (1937). Examined were ten trees belonging to five species and, additionally, two tests were conducted, each composed of 50 trees from the same station. The results of the measurements are shown graphically in fig. 8. I. The vertical straight line designates, in the quoted figure, the leaves on vegetative dwarf shoots of each of the above-mentioned tests, while the polygonal lines denote the corresponding leaves on fruiting dwarf shoots. It is observable there that independently of the species and of the fact whether the comparison was carried out within one tree, or within a whole community, the relation of leaf-shape on fruiting dwarf shoots to leaf-shape on vegetative dwarf shoots was very similar. Especially as regards character No. 9 (i. e., ratio of blade length to blade width), all the polygonal lines converge almost in one point. The leaves on fruiting dwarf shoots were always narrower and longer, and in the same degree, regardless of species and leaf-shape of the given tree. Moreover, they were smaller, had a more acute base angle, and their widest part was situated higher (characters No. 2, 3, 11 and 13).

It is worth while to consider now what can be the cause of this dimorphism in leaves. It may be the suspension of leaf development at an earlier stage by the growing catkin in consequence of depriving the leaves of part of their nourishment, or due to the action of inhibitory substances; it may be the excretion by the catkin of specific substances exerting an influence on the change of leaf-shape; other factors of a completely different kind may also play their part here. The solution of this puzzle may be facilitated in the future by experiments consisting in the clipping of the catkin at very early stages of its development, immediately after the bud has opened.

The author now wishes to discuss the shape of leaves on long shoots and their relation to leaves on vegetative dwarf shoots.

Differences in the shape of leaves on long shoots and on vegetative dwarf shoots of trees are a known fact. They are distinctly observable in figs 9—12. Detailed investigations, carried out by the author of the present paper on a single specimen of *Betula verrucosa*, demonstrated that the leaves on long shoots were longer than those on vegetative dwarf shoots, but comparatively narrower, and their apexes were more acute, while their widest part was situated lower (fig. 8. II and 9). The most interesting was the fact that a similar change occurred in the leaves of a dwarf shoot out of which a long shoot developed; in spring the latter leaves had seemed to have terminated their development. It appears that growth had proceeded more strongly in the upper part of the blade than in the lower. Such a secondary stimulation of leaf growth on dwarf shoots is very distinctly marked in the species *Betula oycoviensis* which, from nature, has small leaves on its dwarf shoots, while on the long shoots the leaves are frequently of size of those of *Betula verrucosa*. This is clearly visible in fig. 10.

As regards the difference in external conditions during the growth of spring and summer shoots, the difference in the duration of daylight is the most important. The infallible influence of daylight-duration on

change of leaf-shape is demonstrated by the studies carried out by Harder and Witsch (1940), Harder and Bode (1943), and Ashby (1950). Only experiments can show whether the latter factor also plays a part with regard to trees.

Apart from the above-mentioned difference between leaves on long shoots and on vegetative dwarf shoots, investigations ought to be carried out to discover whether there are any differences between successive leaves on long shoots. It is a known fact that their size changes, but it should be also investigated whether their shape does not change at the same time. This requires studies with the application of statistical methods.

The last type of leaves associated with shoots, which the author wishes to discuss, are leaves on sprouts and on suckers. Such shoots can originate from dormant buds or from adventitious ones. On shoots derived from dormant buds formed during a plant's physiological youth, the leaves may be dependent in their shape on the latter. The shape of leaves growing on shoots, derived from adventitious buds, may be influenced by completely different factors (fig. 13).

The specimen of *Betula verrucosa*, on which the author measured the leaves on long shoots, had sprouts in its lower part. The results of the measurements are represented by the solid polygonal line in Graph II, in fig. 8. It is observable there that the leaves on the sprouts of the investigated birch-tree had a shape that was very similar to that of leaves on the long shoots, but they were still longer, narrower, and their widest part was located lower; on the other hand, their apex was less acute. Moreover, as already stated by the author in 1937, they were very thin and gave the impression of being produced rapidly, but according to the rules which govern the formation of other summer leaves.

A separate problem is the relation of the shape of leaves to their location in the tree-crown. A member of the staff of the Botanical Institute in Cracow, J. Truchanowiczówna, carried out a sort of survey in this field, comparing sets of 100 leaves from the vegetative dwarf shoots growing in the lower, the middle and the upper part of the crowns of five trees belonging to separate genera. The work had the practical aim of discovering whether collecting leaves for measuring purposes from various parts of the crown was of any consequence. Truchanowiczówna found out that the leaves of all the investigated trees underwent changes which were related to the distance from the crowntop. However, apart from this result, in the course of the above-mentioned work many problems arose, pertaining to the morphogenesis of leaves. Several examples will be quoted here. In Graph III of fig. 3 there is a graphic representation of the ratio of leaf-shape on vegetative dwarf shoots of one specimen of *Betula verrucosa* from the middle (polygonal broken line) and the upper part of the crown (polygonal solid line) to the leaf-shape in the lower part of the crown (straight vertical line). It is observable that towards the top the leaves were progressively smaller, moreover, similar differences in shape occur as between the leaves on fruiting shoots and on vegetative ones, shown in Graph I of the same figure (compare fig. 14). The problem requires an explanation. Furthermore, not in all of the in-

vestigated trees did the changes occur directionally, as they did in *Betula verrucosa*. In *Tilia cordata* the leaves did indeed become smaller towards the top of the crown, but the most deeply incised cordate base and the most strongly elongated apex (i. e. the most typical blades) were discovered in leaves from the middle part of the crown. *Quercus robur* had the largest and best developed leaves in the middle part, as is clearly visible in fig. 15. All this proves that the phenomenon of leaf change in relation to location in the tree-crown cannot be considered to be dependent on one factor only. Undoubtedly, the phenomenon is a complicated one and it requires further study.

Thus the author has discussed six separate factors with which is associated the characteristic change of leaf-shape in trees, i. e.:

1. Relation of leaf-shape to the physiological age of trees.
2. Relation of leaf-shape to the position of leaves on dwarf shoots.
3. Dependence of leaf-shape on the presence or absence of an inflorescence on dwarf shoots.
4. Leaves on long shoots.
5. Leaves on sprouts and suckers.
6. Relation of leaf-shape to the location of leaves in the tree-crown.

This is certainly not all. Conscientious biometrical analysis of leaf-shape within a single tree will undoubtedly reveal other lines along which the change of leaf-shape proceeds consistently and independently of previously known ones.

The independence of certain lines, along which the change of leaf-shape proceeds, with regard to other lines, ought to be understood in the following manner. If, for instance, we can prove that a change of leaf-shape in a tree runs parallel to its physiological age, then such a gradual change must affect all leaves, e. g. each successive leaf on a dwarf shoot, although their mutual relation may remain unchanged. Probably all leaves also undergo changes progressing towards the top of a tree-crown, not only those on vegetative dwarf shoots, and, furthermore, either all in a similar manner, or each type in its own way. The matter requires detailed study.

The aim of the foregoing suggestions is to encourage conscientious registration of the greatest possible number of phenomena associated with changes of leaf-shape and occurring in nature. As a matter of fact, it must be admitted that little progress has been made in explaining the causes of shapes, notwithstanding the splendid advancement in some fields of botany during the first half of the present century. Hitherto all hormones, or morphogenic substances, are but theory. The only real attainment is the discovery of growth auxins, but they do not explain the causes of shapes. Therefore, conscientious registration of phenomena, substantiated, as far as possible, by statistical data, may facilitate the endeavours of physiologists, investigating the causes of shapes, to arrive at their source. The fact is that physiologists alone will not be able to notice such phenomena as those mentioned above. Only the collaboration of plant-morphologists and plant-physiologists can pave the road, to an understanding of perhaps the greatest puzzle: that of shape in the world of animate nature.

L I T E R A T U R A

- Ashby E., 1948, Studies in the morphogenesis of leaves. I. An essay on leaf shape „New Phytol.“, 47, 153—176.
- Ashby E., 1948, Studies on the morphogenesis of leaves. II. The area, cell size and cell number of leaves of *Ipomea* in relation to their position on the shoot, „New Phytol.“, 47, 177—195.
- Ashby E., Wangermann E. and Winter E. J., 1949, Studies on the morphogenesis of leaves. III. Preliminary observation on vegetative growth in *Lemna minor*, „New Phytol.“, 48, 374—381.
- Ashby E. Wangermann E., 1950, Studies in the morphogenesis of leaves. IV. Further observation on area, cell size and cell number of leaves of *Ipomea* in relation to their position on the shoot, „New Phytol.“, 49, 23—35.
- Ashby E. and Wangermann E., 1950, Studies in the morphogenesis of leaves. V. A note on the origin of differences in cell size among leaves at different levels of insertion on the stem, „New Phytol.“, 49, 189—192.
- Ashby E., 1950, Studies in the morphogenesis of leaves. VI. Some effects of the length of day upon leaf shape in *Ipomea caerulea*, „New Phytol.“, 49, 375—387.
- Ashby E. and Wangermann E., 1951, Studies in the morphogenesis of leaves. VII, Part I. Effects of light intensity and temperature on the cycle of ageing and rejuvenation in the vegetative life history of *Lemna minor*, „New Phytol.“, 50, 186—199.
- Ashby E. and Wangermann E., 1951, Studies in the morphogenesis of leaves. VII, Part II. Correlative effects of fronds in *Lemna minor*, „New Phytol.“, 50, 200—209.
- Benedict H. M., 1915, Senile changes in leaves of *Vitis vulpina* L. and certain other plants, Cornell Univers. Agric-Experim. Station, New York, Mem. 7, 275—370.
- Beyerinck M. W., 1888, Über das Cecidium von *Nematus Caprea* auf *Salix amygdalina*, „Bot. Zeitung“.
- Chamberlain Ch. J., 1932, The age and size of plants, „Sc. Monthly“, 35, 481—491.
- Crocker W., 1942, Ageing in plants. Problems of ageing, ed. by E. W. Cowdry, Baltimore.
- Diels L., 1906, Jugendformen und Blütenreife im Pflanzenreich, Berlin.
- Duchon F. a Macek K., 1936, O vlivu rostlinných živin a některých přírazených faktorů na chemické složení popela chmelových listů ve třech vegetačních stadiích, „Sbor. Českoslov. Akad. Zem.“, 11 (3), 290.
- Ensign M. R., 1919, Venation and senescence of polyembryonic Citrus plants, Finardi L., 1925, Caratteri di senilità nelle piante, „Atti Inst. Bot. Univ. Pavia“, 3 Ser. 2, 305—333.
- Fritzsche R., 1948, Untersuchungen über die Jugendformen des Apfel- und Birnbaumes und ihre Konsequenzen für die Unterlagen- und Sortenzüchtung, „Ber. Schw. Bot. Gesell.“ Bd. 58.
- „Amer. J. Bot.“, 6, 311—329.
- Goebel K., 1898, Organographie der Pflanzen, Jena.
- Goebel K., 1908, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen. Leipzig und Berlin.
- Griffioen 1936, Changes in the compositions of the needles of *Pinus austriaca* Link during the ageing-process, „Rec. Trav. Bot. Neerl.“, 36, 347—355.

- Herder R. and Witsch H., 1940, Über den Einfluss der Tageslänge auf den Habitus, besonders die Blattsukkulenz und den Wasseraushalt von *Kalanchoë Blossfeldiana*, „Jb. wiss. Bot.“, 89, 354.
- Jost L., 1935, Baum und Wald, Berlin.
- Klebs G., 1910, Alteration in the development and forms of plants as a result of environment, „Proc. Roy. Soc.“, London, B. 82, 547—558.
- Kranz G., 1930, Zur Kenntnis der wechselnden Blattform der Efeus und ihrer Ursachen, „Flora“, Jena, 125, 289—320.
- Krenke N. P., 1933—35, Morfogenetyczna analiza liści bawełny, 419 (po rosyjsku).
- Krenke N. P., 1940, Teoria budowy cyklicznej odmładzania się roślin i praktyczne jej zastosowanie, Sielchozgiz, 32, (po rosyjsku).
- Küster E., 1921, Botanische Betrachtungen über Alter und Tod, „Abhandl. z. theoretischen Biologie“, H. 10, 3.
- Lundegårdh H., 1914, Experimentell-morphologische Beobachtungen, „Flora“, Jena, 107, 433—449.
- Milkowska A., 1954, Z badań biometrycznych nad liśćmi wiązu szypułkowego, (Biometrical studies on leaves of *Ulmus laevis* Pall), „Rocznik Tow. Dendrol.“ t. X, Warszawa.
- Molisch H., 1929, Die Lebensdauer der Pflanze, Jena.
- Sachs J., 1887, Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie.
- Sachs J., 1893, Über Wachstumsperioden und Bildungsreizen, „Flora“, 77, 217.
- Sironval C., 1949, Note sur les rapports entre la forme des feuilles et le développement du fraisier des quatre-saisons à fruits rouges, „Bull. Acad. Royal Belg.“, „Arch. Inst. Bot. Univ. Liège“ 19.
- Szaferowa-Jentys J., 1937, Z badań biometrycznych nad zbiorowym gatunkiem *Betula alba* L. I. Wielopostaciowość liści brzoź (I. Polymorphism of the leaves of birches) Rozprawy Inst. Bad. Lasów Państw., Warszawa, Ser. A, nr 26.
- Szaferowa-Jentys J., 1949—1951, Analysis of the collective species *Betula alba* L. Part I, II and III., „Bull. Ac. Sc. Polon.“, Cracovie.
- Szaferowa-Jentys J., 1951, Graficzna metoda porównywania szczątków roślinnych (Graphical method of comparison plants shape), „Kosmos“, 345—377, Wrocław.
- Szaferowa-Jentys J., 1953, Studia nad brzozą ojcowską (Studies on *Betula oycoviensis* Bess.), „Ochrona Przyrody“ XXI, 34—57, Kraków.
- Télléfsen M., 1922, The relation of age to size in certain root cells and in vein-islets of the leaves of *Salix nigra* Marsch., „Am. J. Bot.“ 9, 121—139.
- Truchanowiczówna I., 1954, Różnice w kształcie liści drzew z dolnej, środkowej i górnej części korony (Differences in form of leaves of trees from the lower, the middle and the upper part of the crown), „Rocznik Tow. Dendr.“, t. X, Warszawa.
- Wangermann E., 1952, Studies in the morphogenesis of leaves. VIII. A note on the effects of length of day and of removing daughter fronds on ageing of *Lemna minor*, „New Phytol.“, 51, 355—358.
- Woltereck J., 1928, Experimentelle Untersuchungen über Blattbildung amphibischer Pflanzen, „Flora“, Jena 123, 30—61.

UWAGI DLA AUTORÓW

Redakcja przyjmuje tylko pierwsze maszynopisy (a nie kopie). Objętość nadesłanych prac nie powinna w zasadzie przekraczać 1 arkusza druku; umieszczanie większych prac wymaga poprzedniego omówienia z redaktorem. Materiał ilustracyjny w postaci rysunków w tekście lub tablic umieszczanych poza tekstem należy ograniczać do niezbędnego minimum. Rysunki muszą być dokładnie oznaczone, lecz nie numerowane na samej ilustracji. Poszczególne rysunki w tablicach winny być oznaczane raczej literami niż cyframi. Podpisy do rysunków i tabel winny być napisane na maszynie oddzielnie, gdyż gdzie indziej sporządzane są klisze a gdzie indziej składane są objaśnienia do nich. Materiał tabelaryczny nie może zajmować więcej niż $\frac{1}{4}$ całego tekstu.

Prace przyjmowane są w języku polskim, angielskim, niemieckim, francuskim i rosyjskim z tym, iż prace w języku polskim muszą posiadać tytuł obcojęzyczny oraz streszczenie i ewentualnie objaśnienia rysunków w tym samym języku. W każdym maszynopisie winno być umieszczone na końcu streszczenie ważniejszych wyników pracy. Wszystkie cytaty z literatury w tekście winny zawierać nazwisko autora oraz pierwsze litery imion wraz z datą publikacji. Spis literatury cytowanej w tekście winien być umieszczony na końcu pracy pt. „Literatura“, w którym umieszczeni są autorowie alfabetycznie, a prace danego autora chronologicznie. Po nazwisku i pierwszych literach imion autora winna znajdować się data publikacji, następnie tytuł (który może być opuszczony), dalej skrót nazwy czasopisma, według reguł przyjętych w „World list of scientific periodicals“ Oxford University Press 1925“, następnie należy podać numer tomu i pierwszą i ostatnią liczbę stron, oznaczoną literami arabskimi. W wypadku wydawnictwa książkowego a nie periodycznego, należy podać liczbę stron, miejsce i datę publikacji oraz nazwisko wydawcy. Np.:

B r i d g e s C. B., 1938. A revised map of the salivary gland X chromosome. Journ. Hered. 29: 11—13.

H o b g e n L., 1933. Nature and Nurture. 144. pp. New York W. W. Norton and Co Inc.

Odnośniki w tekście powinny być w miarę możliwości unikane (zwykle mogą być umieszczane w tekście w nawiasach w miejscu do którego się odnoszą). O ile są konieczne, powinny być oznaczane gwiazdkami, krzyżykami itp., aby nie myliły się z cyframi w tablicach.

Korekty w ilości dwóch będą wysyłane autorom: w tym celu należy wraz z maszynopisem podać dokładny adres i podawać następnie ewentualne zmiany adresu. Korekty muszą być zwracane szybko, bez większych zmian w tekście. Acta Soc. Bot. Pol. dają autorom 25 bezpłatnych odbitek bez okładek (a 75 po cenie kosztów).

Rękopisy należy przysyłać do redaktorów: prof. K. Bassalika (Warszawa, Krakowskie Przedmieście 26/28) lub doc. W. Gajewskiego (Warszawa, al. Ujazdowskie 4), wszelką zaś korespondencję w sprawach wydawniczych do Redakcji (Warszawa, al. Ujazdowskie 4).

Nakładem PWN ukazały się ostatnio dwa wydawnictwa Polskiego Towarzystwa Botanicznego

MONOGRAPHIAE BOTANICAE

Vol. II 1954, s. 194 + rys.

zł. 27.—

Treść: B. Hryniewiecki: Pierwsze flory okolic Warszawy — S. Marek: Cechy morfologiczne i anatomiczne owoców rodzajów *Polygonum* L. i *Rumex* L. oraz klucze do ich oznaczania — T. Kowal: Cechy morfologiczne i anatomiczne nasion rodzaju *Amarantus* L., oraz klucze do ich oznaczania.

Prace S. Marka i T. Kowala są streszczone w jęz. angielskim.

ACTA AGROBOTANICA

Vol. II 1954, s. 202

zł. 29,50

Treść: J. Bernadowski: Próby zwalczania bezpłodności ziemniaka — W. Błaszczak: Wpływ terminu zaprawiania ziemniaków porażonych przez ospowatość (*Rhizoctonia solani* Kuehn) na szybkość wschodów i zdrowotność kiełków — K. Moldenhawer: Badania nad mieszańcami otrzymanymi z krzyżówki generatywnej pszenicy Białej Kleszowskiej x *Agropyrum elongatum* Host, P. B. — A. Filutowicz, W. Bejnar: Wyniki doświadczeń nad stosowaniem szczepień w rodzaju Beta — A. Filutowicz: Wyniki hodowli buraków cukrowych o skróconym korzeniu — St. Wóycicki: Przebieg pobierania składników pokarmowych przez *Nephrolepis exaltata* Schott — A. Kuźdowicz: Szczepienie wzajemne pomidora i pieprzu tureckiego. — Lekczyńska J. i Wioncek J.: Warunki tworzenia się gałęzistych kłosów żyta — Kuźdowicz A.: Wyniki doświadczeń szklarniowych i polowych nad zastosowaniem mieszanin pyłku dla wywołania heterozji u pomidorów — Filutowicz A.: Wyniki chowu krewniaczego 4 pokoleń buraka cukrowego i efekt heterozji uzyskany po skrzyżowaniu *I₃* — Tomaszewska Z.: Wstępne badania nad anatomią strąków łubinu — Moldenhawer K.: Badania nad wartością wypiekową niektórych linii krzyżówki *Triticum vulgare* Vill. x *Agropyrum elongatum* Host.

Poszczególne prace są streszczone w jęz. rosyjskim i angielskim.

Zamówienia na wydane oraz mające ukazać się tomy wydawnictw Polskiego Towarzystwa Botanicznego przyjmuje Księgarnia Naukowa Domu Książki, Warszawa Krakowskie Przedmieście 7.

— PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE —