

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne



WARSZAWA 1955



TREŚĆ — SOMMAIRE

VOL. XXIV. Nr 3.

Zurzycki J.: Photosynthesis in Polarized Light	539
Kuźdowicz A.: Wpływ szczepienia na syntezę alkaloidów tropinowych — (The influence of Grafting on the Synthesis of Tropine Alkaloids) . . .	549
Stachurska A.: <i>Pterocarya</i> w interglacjale z Włodawy — <i>Pterocarya</i> from the interglacial deposits of Włodawa	567
Bijok K.: Studia nad kariologią krytycznego gatunku <i>Chrysanthemum</i> <i>subcorymbosum</i> (Schur) Beck. — Karyological studies in the cri- tical species <i>Chrysanthemum subcorymbosum</i> (Schur) Beck . . .	571
Hejnowicz Z.: Growth Distribution and Cell Arrangement in Apical Meristems — Rozmieszczenie wzrostu i układ komórek w meryste- mach wierzchołkowych	583
Lubliner. - Mianowska K.: O barwnikach ziarn pyłkowych. — The pigments of pollen grains	609
Molè - Bajer J.: A simple method for examining the action of chemicals on mitosis in living endosperm	619
Srodoń A.: Flora glacialna z Czumowa nad Bugiem — The glacial flora from Czumów on the river Bug in Poland	627
Srodoń A.: <i>Pterocarya</i> c. f. <i>fraxinifolia</i> Spach. w polskim plejstocenie — <i>Pterocarya</i> c. f. <i>fraxinifolia</i> Spach. in the Polish Pleistocene . . .	635
Maciejewska - Potapczyk W.: Wpływ 2,4 D na niektóre enzy- my komórek szparkowych — The Action of 2,4 D on Some of the Enzy- mes of the Stomatal Cells	639
Olszewska M. J.: Obserwacje nad wpływem głodzenia na jądro i jąderko u <i>Lupinus albus</i> L. i <i>Lupinus luteus</i> L. — Observations sur l'influence du jeûne sur le noyau et le nucléole chez <i>Lupinus albus</i> L. et <i>Lupinus</i> <i>luteus</i> L.	647
Zurzycki J. a. Zurzycka A.: Influence of Some Catalyst Poisons on Phototactic Movements of Chloroplasts	663
Starck J. R.: Wpływ boru na pomidory w różnych okresach ich rozwoju — Effect of boron on tomatoes in different periods of growth	675
Biuletyn Ogrodów Botanicznych	693

ACTA SOCIETATIS BOTANICORUM POLONIAE

Organ Polskiego Towarzystwa Botanicznego
Publication de la Société Botanique de Pologne

Vol. XXIV Nr 3



WARSZAWA 1955

RADA REDAKCYJNA — CONSEIL DE RÉDACTION

B. HRYNIEWIECKI (WARSZAWA), ST. KULCZYŃSKI (WROCŁAW),

B. NIKLEWSKI (POZNAN), FR. X. SKUPIENSKI (ŁÓDŹ),

W. SZAFER (KRAKÓW), P. WIŚNIEWSKI (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 1495 + 102	Oddano do składania 19.IV.55 r.
Ark. wyd. 12,7, druk. 10,5	Podpisano do druku 3.VIII.55 r.
Papier ilustr. III kl. 80 g 70×100/16	Druk ukończono w sierpniu 1955 r.
Cena zł 20. —	Zamówienie 200 B-6-7246

Stł. Drukarnia Naukowa, Warszawa, Śniadeckich 8.

Photosynthesis in Polarized Light

J. ZURZYCKI

1. INTRODUCTION

The effect of polarized light on plant organisms is as yet little known. The opinions on the subject are controversial and some reports mention a peculiar biological effect of polarised light, while other results published deny any such activity. Several investigations have been undertaken on the influence exerted by polarized light on photosynthesis (D a s t u r and A s a n a 1932, D a s t u r and G u n j i k a r 1934, J o h n s t o n 1937) but the results obtained are ambiguous. There are two main obstacles in any researches on the effect polarized light has on photosynthesis. First, it is very difficult to obtain polarized light of sufficient intensity and falling on a sufficiently large area. When this is surpassed the polarized light beam is strongly depolarized by the many reflections and refractions on the inside leaf surfaces which makes very difficult any accurate estimation of the polarization degree.

The micromethod of photosynthesis measurements elaborated by the writer eliminates to a great extent the main difficulties just mentioned. With this method it is sufficient to illuminate a one centimetre square which is easy when a Nikol prism is used. Moreover, by experimenting with leaves of water plants which have few or even one cell layers only conditions are created in which light depolarization is reduced to minimum.

It was the aim of this work to investigate the influence of polarized light on photosynthesis rate in *Lemna trisulca* leaves. In experiments both linear and circular light polarization was applied.

2. MATERIAL AND METHODS

For experiments young leaves of *Lemna trisulca* L. were used. The surface area of the leaves was 4—8 mm² each and they were prepared in the usual manner. A detailed account on the method of photosynthesis measurements was published in an earlier paper (Z u r z y c k i 1954).

A 1000 W projection lamp working on a 215 V current supply was used as the light source. The light was directed through a 10 cm liquid filter containing a water solution of ferrous ammonium sulphate (70 g/l) and reflected by the microscope mirror to the special, polarizing or neutral filters placed just under the respirometer chambers. Light polarization was obtained with a Nikol prism. For control measurements the prism was replaced by a neutral filter made of photographic plate (Film Polski

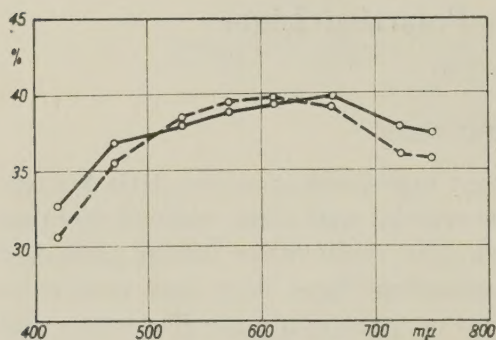


Fig. 1. Curve of spectral transparency in the neutral filter and the Nikol prism measured in a Pulfrich photometer. Transparency measured in %. —○— neutral filter, —○— Nikol.

diapositive plate), suitable blackened and mounted exactly like the Nikol prism. Transparency curves for the Nikol and the neutral filter plotted from measurements with a Pulfrich photometer are given in Fig. 1. These curves show that transparency within the visible radiation range is very similar for both filters.

To compare the absolute intensities of light transmitted by each of the two filters measurements were made with a Zeiss vacuum thermo-couple. The results obtained (table 1) indicated that the

Nikol transmitted light energy in quantities smaller by approximately 5% than the neutral filter.

When this result is compared with the spectral absorption curve it seems that the higher energy transmitted through the neutral filter is mainly due to long wave radiation predominant in the projection lamp spectrum.

Table 1

Intensities of light transmitted by Nikol and by neutral filter as measured by vacuum thermo-couple

No	Nikol Galvanometer scale units	Filter Galvanometer scale units	Nikol in %
1	63	67	94,0
2	55,5	59,5	93,3
3	58,5	62,5	93,6
4	63	67	94,0
5	58	60	96,7
6	65	68	95,6
Average			94,53±0,54

To obtain circular polarisation $1/4 \lambda$ mica plates were placed in the necessary position on the nikol. For control experiments the same plates were placed on the neutral filter. The mica plates were adjusted for sodium light and consequently for other wave lengths the resultant polarization was more or less elliptical.

3. RESULTS

A. Linear polarization

In the first series of experiments weak light was used, and its intensity after passing through the Nikol was about 200 lux. At this light intensity photosynthesis rate was low, usually just above the compensation point. For the first 20—40 minutes the plant leaf was illuminated with unpolarised light, then the neutral filter was replaced by the Nikol and illumination in the new conditions continued for the next 30—60 mins, when once again unpolarized light was applied. In this manner it was possible to relate the photosynthesis rate in polarized light to the mean rate in unpolarized light before and after the Nikol was installed. The normal measurement results are demonstrated by the curves 1 and 2 on Fig. 2. Photosynthesis rate in polarized light was often the same as in normal light. However in some cases a perceptible drop in photosynthesis rate was noted in polarized light in other rare instances a slight stimulation effect of polarized light was also observed. On the other hand photosynthesis rate varied sometimes in normal light before and after illumination with polarized light and therefore no definite meaning could be attached to these changes in the rate. Such changes probably resulted from

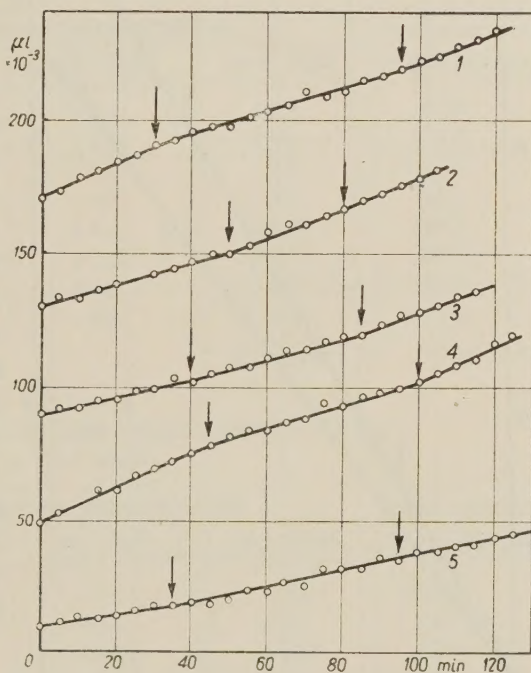


Fig. 2. Assimilation in light polarized linearly — curves 1 and 2, and circularly — curves 3—5 at light intensity approximately 200 lux. Abscissae — time in mins, ordinates — oxygen production in $\mu l \cdot 10^{-3}$. Arrows indicate the change in the kind of light.

Table 2
Photosynthesis in plane polarized light
(Arbitrary units)

No of exp.	Respiration	Apparent photosynthesis			Photosynthesis in pol. light in %
		ord. light	pol. light	ord. light	
2	-7,4	+12,8	+10,2	+9,4	95,1
3	-6,25	+ 6,93	+ 5,85	+7,76	89,0
5	-3,67	+ 1,85	+ 1,60	+1,77	96,1
8	-4,50	+ 1,56	+ 1,80	+1,80	101,9
Average					95,52±2,64

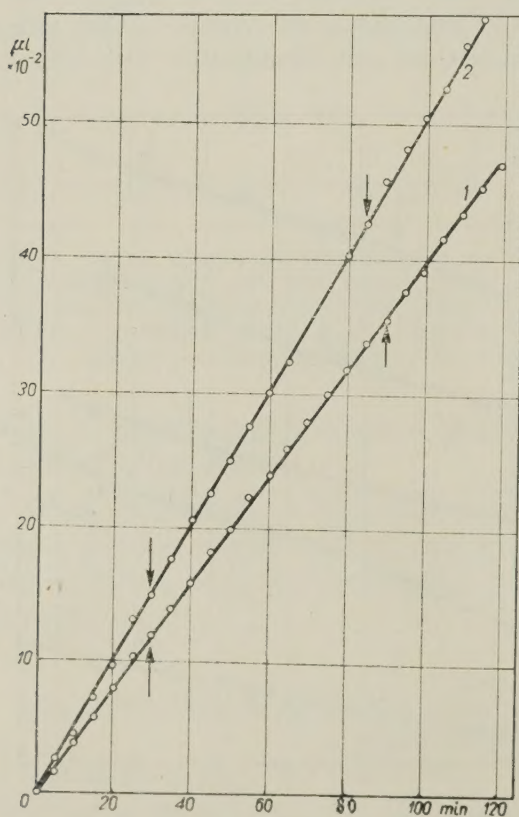


Fig. 3. Assimilation in light polarized linearly — curve 1, and circularly — curve 2 at light intensity approximately 2000 lux. Abscissae — time in mins, ordinates — oxygen production in $\mu\text{l} \cdot 10^{-2}$. Arrows indicate the change in the kind of light.

dent that light polarized linearly has the same effect on photosynthesis as unpolarized light of the same intensity.

very small unnoticeable differences in the installation of filters when they were exchanged and the consequent slight differences in light intensity to which the plants responded. To eliminate these accidental errors mean values of the observed photosynthesis rate (taking into account the respiration rate) in polarized light were referred to the mean rate of photosynthesis in normal light. The so computed results are given in Table 2. The mean photosynthesis rate in polarized light computed from 4 repetitions was $95,52 \pm 2,64\%$ of the photosynthesis rate measured in normal light.

If it is considered that this result tallies with the relative light transparency of the Nikol in respect to the transparency of the neutral filter and that in weak light the photosynthesis rate is directly proportional to light intensity it becomes evi-

In strong light of 2000 lux the assimilation rate is exactly the same in polarized light as it is in normal light (Fig. 3 curve 1).

B. Circular polarization

The results from corresponding experiments on circular light polarization are illustrated by the curves 3—5 on Fig. 2 and by Tables 3 and 4. Similarly as in the case of linear polarization also in circularly polarized light photosynthesis was usually somewhat inhibited and rarely stimulated. Relatively to normal light the photosynthesis rate for dextro- and laevorotatory light respectively, calculated in mean values, was $97,81 \pm 3,33\%$ and $97,53 \pm 1,87\%$ of photosynthesis rate in unpolarised light.

Table 3
Photosynthesis in circular left rotating polarized light
(Arbitrary units)

No of exp.	Respiration	Relative photosynthesis			Photosynthesis in pol. light in %
		ord. light	pol. light	ord. light	
4	-3,1	+3,5	+2,4	+2,1	93,2
6	-5,3	+0,7	+1,43	+0,4	115,0
7	-7,7	-1,7	-1,6	-2,2	106,0
9	-7,6	-2,2	-2,7	-3,0	98,0
10	-4,5	+2,45	+1,1	+1,37	87,4
11	-4,5	+1,37	+1,35	+1,80	96,1
12	-6,9	+6,75	+4,8	+6,4	86,8
13	-4,35	-2,2	-2,0	-1,8	100,0
Average					$97,81 \pm 3,33$

Table 4
Photosynthesis in circular right rotating polarized light
(Arbitrary units)

No of exp.	Respiration	Apparent photosynthesis			Photosynthesis in pol. light in %
		ord. light	pol. light	ord. light	
14	-4,35	-1,8	-1,7	-1,6	100,0
15	-3,3	+8,0	+6,5	+6,7	92,0
16	-3,3	+3,87	+3,75	+3,85	98,5
17	-3,3	+3,85	+3,5	+3,2	99,6
Average					$97,53 \pm 1,87$

These differences corresponded within error limits to the differences in transparency of the two filters and indicated that independently of the rotation direction, also circularly polarized light acted on photosynthesis in the same way as unpolarized light of the same intensity.

In circularly polarized strong light photosynthesis rate was exactly of the same value as in unpolarized light of like intensity (Fig. 3 curve 2).

4. DISCUSSION

For a long time the biological effect of polarized light did not focus the attention of research workers. First mention of the problem was made in 1923 when Semmens reported that moonlight quickened seed germination and attributed this effect to the partial polarization of moonlight. In 1924 and 1925 Baly and Semmens for the first time demonstrated experimentally the peculiar effect exerted by polarized light on starch hydrolysis. In later, more detailed experiments (1930—1947) Semmens demonstrated that starch accumulated in leaves in normal light was quickly decomposed in polarized light. When the incident light was of sufficiently high intensity the disintegration produced a sudden increase in the sugar level and consequently the increase of osmotic pressure burst the cells (Semmens 1934, 1947). Moreover, a faible response of starch to polarized light was observed by Semmens in vitro even when the enzymes were absent.

However, the hydrolytic effect of polarized light on starch in vitro was denied by numerous workers. Jones (1923), Bunker and Anderson (1928), and Noves Albert and Rubenstein (1928) did not obtain results corroborating those reported by Semmens.

Macht and coworkers (1925) investigated the effect exerted by polarized light on the activity of some ferments and pharmacologically active bodies, and found that in all instances such an effect existed. It was also reported that polarized light was active in the case of microorganisms (Macht and Hill 1925, Bhatnager and Lal 1926, Lal and Mathur (1926). Macht (1926) observed a quickened seedlings growth in polarized light, though, in this case the differences were not considerable and might have been due to inaccurate technique (Dastur and Asana 1932). In 1934 Castle reports that in *Phycomyces* the phototropic reaction is the same in polarized as in normal light. Somewhat later Johnston (1937) confirms this on phototropic reactions in *Avena coleoptiles*. In contradiction to these experiments of short duration, Semmens (1930) found that longlasting polarized light illumination was harmful to plants.

The influence of linearly polarized light on photosynthesis was investigated for the first time by Dastur and Asana (1932). They worked with light polarized in 80 — 90% finding no drop in the starch level and insignificant differences, remaining within error limits, between the general increase of carbohydrates in polarized and normal light. Johnston (1937) using a sensitive spectrographic method observed no difference in the CO₂ assimilation rates regardless of the kind of light.

On the other hand Dastur and Gunjkar (1934) observed that in the case of elliptical polarization the carbohydrate synthesis varied

distinctly from that in normal light of the same intensity, the former having a lower rate. Although the statistical test gave significant results the data reported by the two workers scattered and in some cases photosynthesis rate in elliptically polarized light was higher than in normal light.

In this work two light intensities were experimented with: 1) weak light very near the compensation point where possible differences in absorption might influence distinctly assimilation and 2) strong light where, according to Semmens, the starch hydrolysis might also affect photosynthesis.

The results obtained indicate that in weak light the statistical difference between photosynthesis rates in polarized and normal light corresponds exactly to the difference in the intensity of the light used. It follows that polarized and normal light are in their effect exactly alike. In strong light there are absolutely no differences in assimilation rate. At this high intensity the slight differences in light absorption have absolutely no influence on assimilation rate (cf. Zurzycki 1954).

Rabinowitch (1951) believes that for various polarization degrees chloroplast anisotropy may cause differences in light absorption. The chloroplasts are anisotropic only in the profile position but this position may be induced with strong light when the possible differences in absorption have no effect on photosynthesis (Zurzycki 1954), while the characteristic chloroplast arrangement in weak light is the flat position when the chloroplasts are optically isotropic. It is therefore plausible to expect that differences in polarized light absorption will appear solely when two conditions are fulfilled: the light must be weak and the chloroplast must be in the profile position. In weak light such an arrangement is temporary and lasts 15—20 mins which is not long enough to measure the rate of photosynthesis with the technique of this work.

In strong light no differences of assimilation rate in polarized and normal light were observed. It seems to appear from the data obtained by Semmens that for the light intensity and illumination time used in this work starch decomposition is not very rapid. Thus, it is possible that a stronger and longlasting irradiation with polarized light will influence the assimilation rate, though, such an effect would be secondary and a result of an increase in the sugar concentration within the cell.

Finally, also circular light polarization has no peculiar influence on photosynthesis. The lack of any difference between laevo- and dextrorotatory light polarization indicates that there is no circular dichroism. To improve on the present data on circular light polarization further experiments should be carried out with monochromatic light.

5. SUMMARY

With the method worked out earlier by the writer photosynthesis of *Lemna trisulca* leaves was investigated in linearly and circularly polarized light. In light of low intensity (200 lux) equally as in light of higher intensity (2000 lux) both the linear and circular light polarizations have the same effect on photosynthesis as normal light of the same intensity. In circularly polarized light no differences was observed between the dextro- and laevorotatory light effect.

Laboratory of Plant Physiology
Jagiellonian University, Kraków

(Entered 9.XII.1954)

S T R E S Z C Z E N I E

Za pomocą metody opracowanej poprzednio przez autora badano fotosyntezę liści *Lemna trisulca* w świetle spolaryzowanym liniowo i kołowo. Zarówno w słabej intensywności światła (200 luksów), jak i w silnej (2000 luksów), fotosynteza przebiega w świetle spolaryzowanym liniowo i kołowo, identycznie jak w świetle zwykłym tej samej intensywności. Przy zastosowaniu światła kołowo spolaryzowanego nie stwierdzono istotnych różnic między działaniem światła o prawym względnie lewym kierunku rotacji.

L I T E R A T U R E

- Baly E. G. G. and Semmens E. S., 1924, The selective photochemical action of polarized light. The hydrolysis of starch. Proc. Roy. Soc. London B. 97. 250—253.
- Baly F. C. G. and Semmens E. S., 1925, Selective action of polarized light upon starch grains. Nature 116. 817.
- Bhatnagar S. S. and Lal R., 1926, Effect of polarized light of bacteria growth. Nature 27. 2.
- Bunker D. and Anderson F. C., 1928, Effect of polarized light on starch hydrolysis. Journ. Biol. Chem. 72. 476—487.
- Castle E. S., 1934, The phototropic effect of polarized light. Journ. Gen. Physiol. 17. 751—762.
- Dastur R. H. and Asana R. D., 1932, Effect of plane polarized light on the formation of carbohydrates in leaves. Ann. Bot. 46. 879—891.
- Dastur R. H. and Gunjekar L. K., 1934, Effect of elliptically polarized light on the formation of carbohydrates in leaves. Ann. Bot. 48. 1003—1012.
- Dastur R. H. and Gunjekar L. K., 1935, Energy absorption in normal and plane polarized light. Ann. Bot. 49. 273—281.
- Jones N. W., 1925, Polarized light and starch grain. Ann. Bot. 39. 651—653.
- Johnston E. S., 1937, Phototropic response and CO₂ assimilation of plants in polarized light. Smith. Misc. Coll. 96. 1—7.
- Lal R. and Mathur R., 1926, The effect of polarized light on bacterial life. Journ. Ind. Med. Res. 14.

- Macht D. I., 1925, Concerning the influence of some convulsant drugs. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 22. 471—473.
- Macht D. I., 1925, Influence of polarized light on the action of some ferments. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 22. 474—475.
- Macht D. I., 1926, Influence of polarized light on the growth of seedlings. *Journ. Gen. Physiol.* 10. 41—52.
- Macht D. I. and Anderson F. C., 1927, Effect of polarized light on the pharmacological properties of some drugs. *Journ. Amer. Chem. Soc.* 49. 2017.
- Macht D. I. and Hill, 1925, Influence of polarized light on yeast and bacteria. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 22. 474—475.
- Macht D. I. and Krantz L., 1927, Effect of polarized light on the pharmacological properties of some drugs. *Journ. Amer. Pharmaceut. Soc.* 16.
- Navez G., Albert F. T. and Rubenstein L., 1928, Starch hydrolysis as affected by polarized light. *Journ. Biol. Chem.* 80. 503—513.
- Rabinowitch E., 1951, Photosynthesis and related processes. Vol. II. New York.
- Semmens E. S., 1923, Effect of moonlight on germination of seeds. *Nature* 111. 49—50.
- Semmens E. S., 1930, Hydrolysis in the living plant by polarized light. *Bot. Gaz.* 90. 412—426.
- Semmens E. S., 1933, Hydrolysis of starch in the stomata by the action of polarized light. *Proc. Linn. Soc. London.* 111. 112—113.
- Semmens E. S., 1934, Bursting of cell by polarized light. *Nature* 134. 813.
- Semmens E. S., 1947, Starch hydrolysis induced by polarized light in stomatal guard cell of living plants. *Plant Physiol.* 22. 270—278.
- Zurzycki J., 1955, Arrangement of chloroplasts as a factor of photosynthesis. *Acta Soc. Bot.*, 24. 27—63.

Wpływ szczepienia na syntezę alkaloidów tropinowych

The Influence of Grafting on the Synthesis of Tropine Alkaloids

A. KUZDOWICZ

PRZEGLĄD LITERATURY

Zagadnienie syntezy alkaloidów i wpływu szczepienia na zachowanie potomstwa nasiennego szczepionych roślin ważne jest nie tylko z biologicznego, ale i z praktycznego punktu widzenia. Wysuwane ostatnio możliwości utrwalenia w potomstwie właściwości nabytych w roku szczepienia nasuwały szerokie możliwości zastosowania tej metody do otrzymywania roślin o nowych właściwościach. Łubiny bezalkaloidowe, zwiększenie względnie zmniejszenie zawartości nikotyny w tytoniach, wyrowadzenie nowych roślin alkaloidowych, oto tylko niektóre możliwości wykorzystania szczepień w hodowli.

Badania nad zagadnieniem biogenezy charakterystycznych produktów przemiany materii psiankowatych — ich alkaloidów — przyniosły wiele ciekawych wyników, które jednak nie zawsze były z sobą zgodne. Ta niezgodność wynikała częściowo z tego, że wielu badaczy, przeprowadzając badania nad jakąś grupą alkaloidów, uogólniało uzyskane wyniki na wszystkie alkaloidy w ogóle.

Większość autorów decydującą rolę w tworzeniu alkaloidów przypisuje korzeniowi, nieliczni natomiast nadziemnym częściom rośliny. Najbliżsi prawdy byli jednak ci, którzy wypowiadali pogląd, że pewne alkaloidy bądź cząstki alkaloidów tworzą się w korzeniach, a inne w liściach. Jak zobaczymy z przeglądu literatury dotyczącej tworzenia się alkaloidów, badania ostatnich lat potwierdziły słuszność ich poglądu.

W rozwiązywaniu zagadnienia syntezy alkaloidów główną rolę odegrały szczepienia wzajemne roślin alkaloidowych i bezalkaloidowych. Ze względu na to, że w pracy niniejszej badany był wpływ szczepienia na syntezę alkaloidów tropinowych, przegląd prac ograniczymy tylko do tej grupy alkaloidów, a omówienie powstawania i przechodzenia innych grup alkaloidów z rodziny psiankowatych uwzględnimy tylko o tyle, o ile to będzie konieczne dla wyjaśnienia całości zagadnienia.

W 1910 roku ukazały się pierwsze prace Mayera i Schmidta oraz Javilliera, które starały się wyjaśnić w jakich częściach rośliny tworzą się alkaloidy. Mayer A. i Schmidt E. (1910) wykonali trzy kombinacje szczepień wzajemnych, przy czym w jednej z nich podkładką był ziemniak, a zrazem bieluń. Wyciąg z kłębów ziemniaka dał pozytywną reakcję na oku kota, jednak dopiero po dodaniu kwasu siarkowego, co przemawia przeciw atropinie i hyoscyaminie. Zawartość alkaloidów w kłębach, jak podkreślają autorzy, była minimalna. Zraz nie był badany na zawartość alkaloidów. Inne kombinacje obejmowały podobne szczepienia tytoniu na ziemniakach i dwóch gatunków tytoni o różnej zawartości nikotyny. Kłęby ziemniaka wykazały minimalne ilości nikotyny, a w szczepieniach tytoni bogatych i ubogich w nikotynę nastąpiło wzajemne zrównanie zawartości nikotyny. Autorzy na podstawie tych niepewnych wyników wyciągnęli zbyt pochopnie wniosek o przejściu alkaloidów przez miejsce szczepienia.

W tym samym czasie Javillier (1910) opublikował wyniki badań nad podobnymi szczepieniami. Doświadczenia Javilliera obejmowały cztery grupy szczepień, w których podkładkami były ziemniak i pomidor, a zrazem pokrzyk i tytoń oraz pokrzyk jako podkładka, a pomidor jako zraz. Badania kłębów ziemniaczanych na atropinę i na nikotynę dały wyniki ujemne, a więc wypadły odmiennie niż u poprzednich autorów. Owoce pomidora z roślin, na których zaszczerpiony był pokrzyk, nie dały pozytywnej reakcji Vitali, jedynie próba żrenicowa wypadła dodatnio. W szczepieniach odwrotnych owoce pomidora dały pozytywną reakcję Vitali i dodatnią próbę żrenicową. Łodygi i liście odnośnych zrazów dały wyniki ujemne. Uzyskane w pewnych kombinacjach wyniki mają przemawiać za przejściem alkaloidów pokrzyku przez miejsce szczepienia. Autor zaznacza jednak, że ta wędrówka odbywa się w bardzo ograniczonych rozmiarach.

Z innej strony do zagadnienia tego podeszli Daniel L. i Ripert J. (1923). Poprzednich autorów interesowało głównie zagadnienie translokacji alkaloidów. Daniel i Ripert natomiast w braku lub obecności alkaloidów dopatrywali się chemicznych przemian, które zaszły u partnerów szczepieniowych. Autorzy ci wykonali szczepienia podwójne, w których podkładką był pomidor, zrazem pośrednim pokrzyk, a zrazem właściwym znów pomidor. Pokrzyk nie wykazał w tym wypadku alkaloidów. Ten brak alkaloidów tłumaczą autorzy zaburzeniami w przemianie materii, w wyniku których nie mogły wytworzyć się konieczne dla powstania alkaloidów związki.

Krajewoj I. M. (1941) szczepił pomidory w stadium liścieni na bieluniu. Dla pozbawienia zraza działalności fotosyntetycznej usuwano mu liście, a łodygę owijano ciemnym papierem. W owocach tak prowadzone-

go pomidora stwierdzono próbami biologicznymi (działanie atropiny na mięsień sercowy człowieka i reakcja źrenicowa) znaczne ilości atropiny. Ponieważ w wyniku obcinania liści i zaciemniania zrazów nie mogły one wykazać żadnej działalności fotosyntetycznej, autor uważa, że alkaloidy bielunia musiały przejść do zrazów z podkładki.

Hieke K. (1942) dla przebadania zagadnienia powstawania i wędrówki alkaloidów wykonał cały szereg szczepień tytoni i pomidorów, szczepienia wzajemne pokrzyku i pomidora oraz tytoniu z pokrzykiem i bieluniem. W pewnych kombinacjach podkładki pozbawione były własnego aparatu asymilacyjnego. Na podstawie wykonanych analiz ilościowych, jakościowych i biologicznych autor dochodzi do wniosku, że w tworzeniu alkaloidów badanych przez niego roślin decydującą rolę odgrywa system korzeniowy.

Mothes K. i Hieke K. (1943) badali sok otrzymany z miejsca ścięcia rośliny tytoniowej powyżej szyjki korzeniowej. Po ścięciu rośliny z rany wydobywa się sok, który zawiera nikotynę. Koncentracja nikotyny w takim soku może być wyższa niż w soku liściowym. Nie może więc być żadnych wątpliwości co do tego, że korzeń oddaje nikotynę do łodygi i że trzeba go uważać za główne miejsce tworzenia alkaloidów.

Tusznikowa M. M. (1944, 1946, 1948) wykonała różne szczepienia roślin alkaloidowych i bezalkaloidowych następujących gatunków: pokrzyk, psianka czarna, pomidor, ziemniak, tytoń, bielun. Analizy wykazały, że w przypadku szczepień roślin bezalkaloidowych na podkładkach alkaloidowych zrazy zawierają alkaloidy charakterystyczne dla podkładki, przy czym ilościowo jest ich tyle, co w roślinach kontrolnych. W przypadkach szczepień roślin alkaloidowych na podkładkach bezalkaloidowych alkaloidy charakterystyczne dla danej rośliny nie tworzą się, względnie zawartość ich jest niewielka.

Tusznikowa nie ograniczyła się jak poprzedni badacze do zbadania samego zagadnienia syntezy alkaloidów w roku szczepienia, ale badała również potomstwo nasienne z tych szczepień. Analiza chemiczna roślin następnych pokoleń wykazała obecność alkaloidów u roślin bezalkaloidowych, które szczepione były na roślinach alkaloidowych. Np. w owocach pomidora w roku zaszczepienia go na tytoniu autorka stwierdziła 0,73% nikotyny, w pierwszym pokoleniu nasiennym zawartość ta wyniosła 0,30%, a w drugim spadła do 0,20%. W liściach, łodygach i bulwach ziemniaka wyrosłego z bulwy powietrznej, jaka wytworzyła się w roku szczepienia ziemniaka na bieluniu, stwierdzono 0,15% atropiny.

W potomstwie roślin alkaloidowych ze szczepień na podkładkach bezalkaloidowych obserwuje się stałe zwiększanie alkaloidów z pokolenia na pokolenie. I tak np. pierwsze pokolenie nasienne pokrzyku wykazało już 0,15% atropiny, kontrola 0,35%, a pierwsze pokolenie pokrzyku ze szcze-

pień na tytoniu wykazało 0,34% atropiny i 0,2% nikotyny (w roku szczepienia wykryto w zrazie 0,64% nikotyny i ślady atropiny). Liście pierwszego pokolenia bielunia ze szczepień na pomidorze wykazały 0,1% atropiny, podczas gdy kontrola miała 0,25%. Z badań tych T u s z n i a k o w a wyciągnęła wniosek, że zmiany w zawartości alkaloidów uzyskane w roku szczepienia utrwalają się w potomstwie nasiennym.

Peacock S. M., Leyerle D. B. i Dawson R. F. (1944) w wyniku doświadczeń przeprowadzonych ze szczepieniami wzajemnymi bielunia z tytoniem i pomidorami dochodzą do wniosku, że synteza alkaloidów tropinowych związana jest ściśle z systemem korzeniowym. Liście bielunia są całkowicie niezdolne do wytworzenia tych alkaloidów w przypadku zaszczepienia go na pomidorze czy tytoniu. Natomiast bielun szczepiony na tytoniu wykazał niewłaściwy dla niego alkaloid, nikotynę. Również obecność alkaloidów tropinowych w soku, który wypływa z korzenia po ścięciu łodygi, przemawia za tym, że głównym miejscem tworzenia tych alkaloidów jest korzeń.

Hegnauer R. (1951) uważa, że rozmieszczenia alkaloidów w poszczególnych częściach bielunia nie można wytłumaczyć jedynie czysto biernym transportem i nagromadzeniem przez prąd transpiracyjny, który idzie z korzenia poprzez łodygę do liści. Ścięte nisko łodygi bielunia dają dużo soku roszeniowego, jednak ilość alkaloidów, jakie ten sok zawiera, nie tłumaczy zawartości alkaloidów w odciętych wierzchołkach. We wszystkich częściach roślin składających się z systemu korzeniowego pomidora i zrazu bielunia autor stwierdził małe ilości mydriatycznie działających alkaloidów. Pomidor zaszczepiony na bieluniu zawierał 0,3% hyoscyaminy i małe ilości skopolaminy. Nagromadzenie alkaloidów w kwiatach-owocach i liściach jest jednak inne niż w samym bieluniu. Hegnauer wykazał również, że w różnych okresach rozwojowych rośliny mogą występować różne alkaloidy. Gatunki psianek które syntetyzują skopolaminę i hyoscyaminę, wykazują w pierwszym okresie rozwoju prawie samą skopolaminę, natomiast w okresie kwitnienia przeważa już hyoscyamina. Dwuletnie pędy pokrzyku zawierają również prawie wyłącznie hyoscyaminę.

Mothes K. i Romeike A. (1951 i 1952) przeprowadzili badania nad zagadnieniem syntezy alkaloidów w częściach nadziemnych rośliny. W tym celu wykonali szczepienia kilku odmian bielunia i pokrzyku na różnych odmianach pomidorów. Analizy wierzchołków pędów, młodych liści, a także owoców i nasion tych zrazów wykazały obecność alkaloidów tropinowych. Wniosek z tych doświadczeń, zdaniem autorów, jest prosty. Synteza odnośnych alkaloidów odbywać się może nie tylko w korzeniach, ale i w częściach nadziemnych rośliny. Jasne jest jednak, że synteza na obcym bezalkaloidowym korzeniu ilościowo musi być mniejsza niż

na własnym korzeniu. Dlatego też w takich wypadkach synteza nigdy nie uzyskuje normalnego stanu.

Autorzy ci zbadali również pokolenie nasienne pomidorów, które rosły na bieluniu i tytoniu. Rośliny wyrosłe z takich nasion ani w młodości, ani w późniejszym okresie rozwoju nie wykazały nawet śladów atropiny lub nikotyny.

Evans W. i Patridge M. (1952) na podstawie analiz szczepień wzajemnych *Datura tatula* var. *innermis* i *Datura ferox*, które produkują alkaloidy grupy tropinowej — jedna (*D. tatula*) hyoscynę i hyoscyaminę, druga hyoscynę i metyloidyne, dochodzą również do wniosków, że korzeń nie jest jedynym miejscem biogenezy całej cząsteczki alkaloidu i że co najmniej końcowe stadia tego procesu zachodzić mogą w nadziemnych częściach tych roślin.

M. Jordan (1952) wykonała szczepienia wzajemne lulka i pomidorów. Na podstawie wyników analiz tych szczepień autorka dochodzi do wniosku, że synteza hyoscyaminy odbywa się w liściach. W liściach lulka na korzeniach pomidora brak jest wprawdzie hyoscyaminy, natomiast alkaloid ten pojawia się w liściach podkładki, to jest pomidora. Fakt ten tłumaczy autorka w następujący sposób: Wskutek szczepienia lulka na obcorodzajowej podkładce synteza hyoscyaminy nie może dobiec do końca z powodu zaburzeń w metabolizmie jego liści. Synteza ta jednak może dokonać się w podkładce. Wprawdzie liście lulka zaszczonego na pomidorze nie zawierają alkaloidów, jednak są one niezbędne do zapoczątkowania syntezy.

Pomidor zaszczoney na lulku nie wykazał alkaloidów. W szczepieniach wzajemnych pomidorów i lulka hyoscyamina występuje zawsze w normalnej ilości w obu podkładkach, a więc i lulka i pomidora, natomiast brak jej jest w zrazach i jednej i drugiej rośliny.

Warren Wilson P. M. (1952) w badaniach nad syntezą i transportem alkaloidów stosował różną metodykę szczepienia. Szczepione były pokrzyk na pomidorze i miechunce oraz bielun na pomidorze. Zrazy i podkładki takich szczepień nie wykazały alkaloidów tropinowych. Liście tych szczepień wykazały jednak na nowo alkaloidy po zakorzenieniu ich. Podłodygowe organy pomidora, ziemniaka i miechunki zawierają alkaloidy, o ile rośliny te trzymane będą w „symbiozie“ (zeszczone razem) z pokrzykiem. Przyszczenie takie nie wywiera jednak żadnego wpływu na syntezę alkaloidów w korzeniu pokrzyku. Transport alkaloidów odbywa się więc w górę i w dół.

W. Endemann (1953) dla stwierdzenia, czy szczepienie wywiera wpływ na zawartość nikotyny w potomstwie nasiennym szczepionych roślin, wykonał szczepienia wzajemne tytoni ubogich i bogatych w nikotynę. Szczepił również różne odmiany tytoni na pomidorach, przy czym

dla wzmocnienia wpływu w pewnych kombinacjach szczepienia były powtarzane przez trzy lata z rzędu, w innych obcinano liście zrazom. Wyniki tych prac wykazały, że szczepienie nie wywiera żadnego wpływu na potomstwo nasienne pomimo działania nawet przez trzy lata tej samej podkładki.

Streszczając powyższy przegląd literatury dotyczącej syntezy i transportu alkaloidów tropinowych możemy stwierdzić:

1. Głównym, ale nie jedynym ośrodkiem tworzenia się tych alkaloidów jest korzeń.

2. W liściach odbywa się również synteza alkaloidów tropinowych, jednak w znacznie mniejszych rozmiarach. Nagromadzenie alkaloidów, jakie spotykamy w liściach w normalnych warunkach, można wytłumaczyć tylko doprowadzeniem z części podziemnej rośliny.

3. Dotychczasowe prace nad przejściem alkaloidów z podkładki alkaloidowej do niealkaloidowego zraza dały u różnych autorów niezgodne wyniki. Jedni (Krajewoj S., Peacock S. M., Tusznikowa M. M.) znajdowali w takich szczepieniach alkaloidy, inni stwierdzili tylko zmianę smaku owoców (Mothes K. i Romeike A.), u innych wreszcie owoce roślin niealkaloidowych szczepionych na alkaloidowych podkładkach wolne były od alkaloidów (James W. O., Jordan M., Vincent D. i Duducq - Mathou T.).

4. Badania potomstwa nasiennego roślin niealkaloidowych, które w roku szczepienia na alkaloidowych podkładkach zawierały alkaloidy, wykazały, że właściwości tej rośliny nie dziedziczą (Mothes K. i Romeike A. oraz Endemann W.). Jedynie Tusznikowa wykryła alkaloidy jeszcze w dwóch pokoleniach takich szczepień, przy czym ilość ich zmniejszała się z roku na rok.

W odwrotnych przypadkach, a więc zachowania się potomstwa roślin alkaloidowych, które w roku szczepienia na niealkaloidowych podkładkach nie wykazują właściwych im alkaloidów bądź wykazują ich minimalne ilości, to Tusznikowa w pierwszym i drugim pokoleniu z takich szczepień stwierdziła zmniejszone ilości alkaloidów. Endemann natomiast nie stwierdził różnicy w zawartości alkaloidów nawet w przypadkach, kiedy szczepienia powtarzano przez trzy lata z rzędu.

Wyników tych nie można uogólniać na wszystkie rośliny alkaloidowe. To, co powiedziano wyżej o alkaloidach tropinowych, odnosi się również do nikotyny (Dawson R. F. 1948, Hieke K. 1942, Iljin 1949, Maszkowcew M. F. i Szirotenko H. A. 1951). Jednak już na przebieg syntezy anabazyny (Iljin 1949), a także glikoalkaloidów (solanina, demisyne, tomatyna) system korzeniowy nie wywiera żadnego wpływu (Prokoszew S. M. i współprac. 1952).

BADANIA WŁASNE

Dla przebadania zagadnienia syntezy alkaloidów tropinowych i zachowania się potomstwa szczepionych roślin alkaloidowych i bezalkaloidowych wykonaliśmy szczepienia wzajemne bielunia i pomidorów. Do szczepień użyliśmy 5 odmian pomidorów (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Z tych trzy należą do odmian handlowych, a mianowicie *Earliest of All*, *Immun* i *Złota królowa*, oraz dwie odmiany mieszańcowych o nie ustalonej jeszcze dziedziczności. Jedna z tych odmian posiada owoce malinowe, a druga żółte, cytrynowe. Sądziliśmy, że odmiany te jako bardziej skłonne do zmian łatwiej poddadzą się wpływowi partnera szczepieniowego. Odmiany handlowe *Earliest of All* i *Immun* mają owoce czerwone, a *Złota Królowa* żółtopomarańczowe. Z bieluni natomiast do szczepień wzięliśmy odmiany kolczastą i bezkolczastą *Datura stramonium* L. i *D. stramonium* var. *inermis*. Podkładkami we wszystkich szczepieniach były dobrze rozwinięte rośliny, na ogół w stadium na krótko przed kwitnieniem, a zrazami (w pewnej części szczepień) młode siewki w stadium liścieni bądź pierwszego lub drugiego listka. W innej grupie szczepień zrazami były roślinki starsze, w stadium kolejnego 5—7 listka lub w stadium pączków kwiatowych. Odnosne dane podane są przy omawianiu poszczególnych doświadczeń. Szczepienia młodych siewek wykonane były za skórkę, a starszych roślin w klin. Pomidor zrasta się bardzo dobrze z bielunem, a przyjęcie się szczepienia uzależnione jest jedynie od samej techniki szczepienia. Rozwój zrazów bielunia na pomidorze i pomidora na bieluniu przebiegał normalnie. Te wszystkie szczepienia, które zrosły się dobrze, w końcowym stadium rozwojowym nie różniły się prawie zupełnie od roślin kontrolnych. Pewne zahamowanie we wzroście części szczepień (ok. 10%) spowodowane było gorszym wzrostem podkładki ze zrazem.

W pewnych grupach szczepień dla wywołania większego wpływu podkładki na zaszczipione na niej młode siewki po zrośnięciu pozbawiono je liści, zostawiając tylko nowo wyrosłe. Dopiero kiedy zaczęły formować się zawiązki pączków kwiatowych przestaliśmy obcinać liście. Ta grupa szczepień pozbawiona własnych liści rozwijała się również wolniej. Przebieg kwitnienia i owocowania poza opóźnieniem wywołanym złym wzrostem i obcinaniem liści był na ogół normalny.

Liście i owoce przeznaczone do badań na zawartość alkaloidów suszone były według przepisów farmakopealnych. Alkaloidy oznaczano ilościowo przeprowadzając je w chlorowodorki, a resztę niezwiązanego kwasu odmiareczkowano mianowanym ługiem potasowym. Do oznaczeń zastosowano metodę Stolla (G. K l e i n, *Handbuch der Pflanzenanalyse* tom III, str. 532—533). Jakościowo analizy sprawdzane były za pomocą reakcji Vitali i analizami cytochemicznymi wg O. J a m e s a (1946).

Duża ilość zebranego materiału pozwoliła na wykonanie wszystkich analiz chemicznych w trzech powtórzeniach. Owoce i liście odmian pomidorów użytych do szczepień przebadane były uprzednio na zawartość alkaloidów tropinowych. Nie wykazały one śladów tych alkaloidów. Ponieważ zastosowana przez nas do oznaczenia alkaloidów analiza nie jest specyficzna dla alkaloidów tropinowych, gdyż i inne zasady tomatynowe, solaninowe i solanidynowe w tej metodzie przechodzą również do roztworu i razem zostają oznaczone, dlatego też każda analiza liści pomidorowych sprawdzana być musi jakościowo za pomocą próby Vitali. Wstępne próby oznaczania alkaloidów w liściach pomidorów kontrolnych i szczepionych dały takie same wyniki. Analizy jakościowe u jednych i drugich wypadły ujemnie.

Praca niniejsza obejmuje cykl doświadczeń czteroletnich, przeprowadzonych w latach 1950—1954.

WYNIKI DOŚWIADCZEŃ

I. Wpływ wzajemnych szczepień bielunia *Datura stramonium* L. i pomidorów *Lysopersicum esculentum* Mill na zawartość alkaloidów w roku szczepienia.

W pierwszym roku badań wykonane zostały szczepienia pomidorów na bieluniu i bielunia na pomidorach. Pięć odmian pomidorów zostało za-

szczepionych na bieluniu, z tych cztery na odmianie bezkolczastej (tabela 1, komb. 5, 6, 8 i 9), a jedna na odmianie kolczastej (komb. 7). Dwie z tych odmian (komb. 8, 9) były odmianami mieszańcowymi. Jako odmiany wykazujące duże skłonności do zmian przedstawiały one ciekawe obiekty badań. Zaszczepione zostały również obydwie odmiany bieluni na pomidorach. Z każdej kombinacji szczepień było 20. Dla kontroli wysiane zostały również odmiany bielunia: bezkolczasta i kolczasta. Zrazy szczepione były w stadium liścieni lub 1—2 listka, przy czym do części szczepień zastosowano metodę wychowywania przez pozabawienie zrazu własnych liści. Ponieważ jednak końcowe analizy nie wykazały różnic między roślinami tak prowadzonymi



Ryc. 1. Szczepienie bielunia na pomidorze.

a tymi, których liści nie pozbawiono, dlatego w odnośnej tabeli wyniki zestawione są razem. Zebrane z tych szczepień liście i owoce poddano analizom jakościowym i ilościowym na obecność i zawartość alkaloidów tropinowych.

Wyniki analiz zebrane w tabeli 1 wykazały, że bielun pozbawiony własnego systemu korzeniowego nie jest zdolny wytworzyć charakterystycznych dla niego alkaloidów (komb. 3 i 4). Analizy jakościowe młodych liści i badania cytochemiczne merystemów wierzchołkowych tych szczepień dały w jednym i drugim wypadku dodatnie wyniki. Analizy jakościowe

T a b e l a 1

Wpływ wzajemnych szczepień bielunia i pomidorów na zawartość alkaloidów w roku szczepienia

Wyniki analiz ilościowych i jakościowych

Nr kol.	Kombinacja	Analiza	Zawartość alkaloidów %	Analizy jakościowe
1	Bielun odm. bezkolczasta kontrola	liście nasiona	0,36 0,34	
2	Bielun odm. kolczasta kontrola	„	0,40 0,42	
3	Bielun bezkolczasty Pomidor Immun	liście bielunia nasiona bielunia owoce podkładki	bez alkaloid. „ „ „ „	+ — —
4	Bielun kolczasty Pomidor Złota królowa	liście bielunia nasiona bielunia owoce podkładki	bez alkaloid. „ „ „ „	+ — —
5	Pomidor Earliest Bielun bezkolczasty	owoce pomidora liście bielunia nasiona bielunia	bez alkaloid. 0,32 0,36	+ +
6	Pomidor Immun Bielun bezkolczasty	owoce pomidora liście bielunia nasiona bielunia	bez alkaloid. 0,34 0,30	— + +
7	Pomidor Złota królowa Bielun kolczasty	owoce pomidora liście bielunia nasiona bielunia	bez alkaloid. 0,36 0,40	— + +
8	Pomidor Malinowy Bielun bezkolczasty	owoce pomidora liście bielunia nasiona bielunia	bez alkaloid. 0,28 0,30	— + +
9	Pomidor Żółty cytryn. Bielun bezkolczasty	owoce pomidora liście bielunia nasiona bielunia	bez alkaloid. 0,30 0,36	— + +

liści starszych oraz nasion wypadły natomiast ujemnie. Owoce pomidorów wszystkich pięciu odmian szczepionych na bieluniu wykazały brak alkaloidów w owocach pomidora (komb. 5, 6, 7, 8 i 9). Również owo-



Ryc. 2. Pomidor szczepiony na bieluniu.

ce pomidora, na którym zaszczepiony był bielun (komb. 3, 4), nie zawierały alkaloidów. Liście i nasiona bielunia, na którym zaszczepiony był pomidor, w porównaniu z kontrolami nie wykazały istotnych różnic w zawartości alkaloidów, pomimo zaszczepienia na nich obcorodzajowych zrazów (komb. od 5—9). Ten brak różnic w porównaniu z kontrolą w podkładkach tego rodzaju wskazuje na to, że i glikoalkaloidy pomidora nie przeszły przez miejsce szczepienia, ponieważ analiza ilościowa ich nie wykazała. W przypadku przejścia ilościowo powinno być ich więcej w podkładce. Analizy liści pomidorów

ze szczepień $\frac{\text{pomidor}}{\text{bielun}}$ i $\frac{\text{bielun}}{\text{pomidor}}$ nie wykazały zwiększenia w ogólnej zawartości alkaloidów w porównaniu z liśćmi pomidorów nieszczepionych. Również próby jakościowe dały wyniki ujemne.

II. Wpływ wieku zraza na zawartość alkaloidów przy szczepieniach bielunia na pomidorach

W poprzednich szczepieniach zrazem były młode roślinki w stadium liścieni bądź pierwszych listków kolejnych. Tak zaszczepione roślinki, które rozwijały się na podkładkach pomidorowych, nie wykazały pod koniec wegetacji dających się ilościowo uchwycić zawartości alkaloidów. Jedynie próby jakościowe młodych liści dały reakcje dodatnie. Powstaje pytanie, jak jednak zachowują się takie rośliny, które zostaną zaszczepione w starszym stadium rozwojowym, a więc w okresie kiedy zawierać już będą znaczne ilości alkaloidów? Czy w takich wypadkach ilość alkaloidów zwiększy się, a więc synteza przebiegać będzie dalej bez zahamowań, czy też zawartość alkaloidów zmniejszy się lub nie ulegnie zmianie? Dla przebadania tego zagadnienia wykonane zostały szczepie-

nia odmiany bezkolczastej bielunia na pomidorach. Jedna partia roślin szczepiona była w stadium 5—7 listka kolejnego, a druga w stadium zawiązywania pączków kwiatowych. Każda partia składała się z 30 roślin. Szczepienia wykonane były w klin. Po zaszczepieniu przenoszono rośliny natychmiast do kamery wilgotnościowej, w której powietrze było nasycone, dzięki czemu zrazy o stosunkowo dużej ilości liści nie więdły. Z obu kombinacji wykonano analizy na zawartość alkaloidów w chwili szczepienia. Następne analizy wykonane zostały w chwili dojrzałości tak zaszczepionych roślin. Zanalizowano również owoce pomidorów (podkładki), na których rozwijały się i dojrzewały takie zrazy bielunia. Liście pomidorów podkładki badano tylko za pomocą analiz jakościowych.

Przytoczone w tabeli 2 wyniki analiz wykazują, że szczepienia bielunia na pomidorach w starszym okresie rozwojowym nie dały również pozytywnych wyników w sensie zwiększenia zawartości alkaloidów. Co więcej, tak zaszczepione rośliny pod koniec okresu wegetacyjnego nie wykazały dających się ilościowo uchwycić alkaloidów. Jedna kombinacja w chwili szczepienia na pomidorach wykazywała już 0,25% alkaloidów (komb. 2), a druga 0,32% (komb. 3). W czasie rozwoju na obcorodzajowej podkładce rośliny te utraciły alkaloidy, jakie zawierały w chwili szczepienia (komb. 4 i 5). Jedynie analizy jakościowe młodych liści tych zrazów dały reakcje dodatnie. Analizy jakościowe nasion wypadły ujemnie.

Liście i owoce pomidora (podkładki w komb. 4 i 5), na których szczepiony był tak wyrosnięty bielun, nie wykazały również alkaloidów tropinowych, pomimo że zrazy w chwili szczepienia zawierały ich dość duże ilości.



Ryc. 3. Młode siewki bielunia szczepione na pomidorze.

III. Zachowanie się potomstwa nasiennego ze szczepień wzajemnych bielunia i pomidora

Nasiona bielunia zebrane w roku szczepień na pomidorach zostały w następnym roku wysiane. Jedna partia roślin wyrosłych z tych nasion była prowadzona w pierwszym roku na własnych korzeniach, a druga

T a b e l a 2

Wpływ wieku zraza na zawartość alkaloidów przy szczepieniu bielunia na pomidorach
Wyniki analiz ilościowych i jakościowych

Nr kol.	Kombinacja	Analiza	Zawartość alkaloidów %	Analizy jakościowe
1	Bieluń odm. bezkolcz. kontrola	liście nasiona	0,34 0,30	
2	Bieluń w stadium 5—7 liści	liście	0,25	
3	Bieluń w stad. zawiązków kwiatowych	liście	0,32	
4	Bieluń zaszczip. w stadium 5—7 liści	liście i nasiona	bez alkal.	+
	Pomidor Immun	owoce pomidora	„ „	—
5	Bieluń zaszczip. w stad. pączków kwiat.	liście nasiona	bez alkal.	+
	Pomidor Immun	owoce pomidora	„ „	—

w stadium liścieni czy pierwszych listków przeszczepiona została znów na pomidory. Dla wywarcia większego wpływu na pokolenie nasienne zrazy pozbawiono kolejnych listków. Dopiero w okresie zawiązywania pączków kwiatowych przestano usuwać liście. W następnych dwóch latach po wysiewie nasion zebranych z tych szczepień część roślin przeszczepiono znów na pomidory, a część rosła na własnych korzeniach. W ten sposób w jednej kombinacji szczepień rośliny przez trzy lata rosły na obcych korzeniach, a dopiero w czwartym roku przeniesione zostały na korzenie własne.

Rośliny wyrosłe z nasion pomidorów, szczepionych na bieluniu, które w roku szczepienia nie wykazały alkaloidów, zostały jeszcze raz przeszczepione na bieluń. Zastosowano w stosunku do nich również „wychowywanie“ przez pozbawienie ich własnych liści. Przebadano poza tym pokolenie pierwsze pomidorów ze szczepień na bieluniu, a to w celu upewnienia się czy ewentualnie pomimo braku zmian w roku szczepień nie wystąpią one w pokoleniu następnym. Przez dwa lata badane było również pokolenie I i II bielunia na własnych korzeniach. Analizy tych kombinacji doświadczeń zestawione są w tabeli 3.

W kombinacji 1 tabeli 3 zestawione są wyniki analiz liści i nasion bieluni kontrolnych z trzech kolejnych lat. Wyniki te konieczne są dla porównania zachowania się pokoleń nasiennych bielunia po przeniesieniu go na własne korzenie. Pokolenie bielunia przeszczepiane przez trzy lata z rzędu na pomidory nie wykazało w żadnym roku dających się oznaczyć ilości alkaloidów. Jedynie analizy jakościowe wykazywały obecność alka-

T a b e l a 3

Zachowanie się potomstwa nasiennego ze szczepień wzajemnych bielunia i pomidora
Wyniki analiz ilościowych i jakościowych

Nr kol.	Kombinacja	Analiza	Zawartość alkaloidów ‰			Analizy jako- ściowe
			I rok	II rok	III rok	
1	Bieluń bezkolczasty kontrola	liście nasiona	0,38 0,34	0,28 0,30	0,34 0,30	
2	Pokolenie bielunia 3 razy przeszczepione na pomi- dorze	liście nasiona	bez alk. bez alk.	bez alk. bez alk.	bez alk. bez alk.	+ —
3	Pokolenie bielunia ze szcze- pień na pomidorach po przejściu na własne ko- rzenie	liście nasiona	0,36 0,30	0,26 0,21	0,28 0,30	
4	Pokolenie I i II (F ₂) ze szczepień na pomidorach F ₁ i F ₂ na własnych korz.	liście nasiona	0,36 0,30	0,25 0,23	—	
5	Pokolenie I (F ₁) pomidorów powtórnie przeszczepio- nych na białuń	owoce pomidora	bez alk.	bez alk.	—	—

loidów tropinowych (komb. 2). Jak zachowuje się potomstwo nasienne bielunia ze szczepień na pomidorach? W roku szczepienia białuń nie tworzy właściwych mu alkaloidów. Po pierwszym roku szczepień rośliny wyrosłe na własnych korzeniach z takich nasion wykazują już alkaloidy i to w ilości takiej jak kontrola (komb. 3 — I rok). Kontrola 0,38‰ liście i 0,34‰ nasiona, pokolenie I — 0,36‰ liście i 0,30‰ nasiona. Po dwóch latach szczepień (komb. 3 — II rok) nie ma również różnic istotnych pomiędzy zawartością alkaloidów w liściach, a jedynie nasiona wykazały pewną ich obniżkę. Po trzech latach szczepień pokolenie nasienne bielunia, które w czwartym roku rosło na własnych korzeniach (komb. 3 — III rok), nie wykazało żadnych różnic w porównaniu z kontrolą. Nawet trzykrotne przeszczepienie nie było więc w stanie zmienić bielunia w tym kierunku, aby przestał tworzyć alkaloidy względnie produkował ich mniej.

W kombinacji 4 badane były pokolenia I i II bielunia na własnych korzeniach. W pierwszym roku po szczepieniu białuń wykazał tyle samo alkaloidów, co kontrola. W pokoleniu II, prowadzonym również na własnych korzeniach, nie wystąpiły także zmiany w zawartości alkaloidów. Analizy owoców pomidorów dwukrotnie przeszczepianych na białuń nie wykazały również alkaloidów (komb. 5).

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Przeprowadzone przez nas doświadczenia nad syntezą i przejściem alkaloidów wykazały, że bielun w stadium młodym (liścieniowym czy pierwszych listków) zaszczipiony na pomidorze, a więc bez własnego systemu korzeniowego, nie może wytworzyć właściwych dla niego alkaloidów. Próba Vitali i badania cytochemiczne merystemów wierzchołkowych i młodych liści takich szczepień wykazują wprawdzie słabą reakcję dodatnią, jednak zawartość alkaloidów jest tak minimalna, że nie daje się jej uchwycić ilościowo. Przy szczepieniu bielunia w starszym okresie rozwojowym, w stadium 5—7 listka, czy na krótko przed kwitnieniem, a więc kiedy rośliny zawierały już dość znaczne ilości alkaloidów (0,25—0,32%), analizy (tab. 3) wykazały, że liście i nasiona tak zaszczipionych roślin nie zawierały również alkaloidów w końcowym okresie wegetacji. W trakcie rozwoju na obcym systemie korzeniowym roślina traci więc i te alkaloidy, które posiadała w chwili szczepienia.

Mothes K. i Romeike A. wykazali, że synteza alkaloidów tej grupy odbywa się również w liściach. Potwierdziły to analizy wierzchołków pędów, a także owoców i nasion zrazów. Autorzy ci stwierdzili w tego typu szczepieniach obecność alkaloidu typu hyoscyamina i atropina w ilości 0,5 — 1,5 mg/100 g świeżej masy. Synteza tych alkaloidów odbywa się więc i w liściach, jednak tylko w liściach młodych. Starsze natomiast pozbawione są zupełnie alkaloidów. Ciekawy jest jeszcze ten fakt, że pewną rolę odgrywa tu również odmiana pomidorów, na których dokonuje się szczepień. Alkaloidy w zrazach stwierdzono mianowicie tylko w tych przypadkach, gdy podkładką była odmiana *Lukulus*, która, podobnie jak i inne użyte do doświadczeń odmiany, wolna jest od alkaloidów tropinowych.

Maszkowcew M. F. i Szirotenko H. A. na podstawie analiz pomiędzy zawartością pierwotną nikotyny w zrazach (młode siewki) a zawartością końcową w roślinach, które się z tych zrazów rozwinęły, wykazali, że i u tytoni w liściach ma miejsce synteza alkaloidów grupy nikotynowej.

W naszych doświadczeniach wyrosłe ze zrazów rośliny, które w chwili szczepienia zawierały 0,25 i 0,32% (tab. 3) alkaloidów, nie wykazały pod koniec wegetacji tych alkaloidów. Jedynie próby jakościowe wypadły dodatnio, co by wskazywało, że z tej ilości alkaloidów, które rośliny zawierały, pozostały już tylko ich ślady, bądź że zraz je na nowo wytworzył. O ile więc w zrazach bielunia zaszczipionego na pomidorze ma miejsce synteza alkaloidów, to odbywa się ona w minimalnych rozmiarach.

W odwrotnych szczepieniach rośliny bezalkaloidowej na systemie korzeniowym alkaloidowym doświadczenia nasze wykazały brak alkaloidów

w zrazach. Owoce pomidora szczepionego w stadium młodym i „wychowanego“ odpowiednio przez pozbawienie go własnego aparatu asymilacyjnego, a więc skazanego na żywienie się asymilatami podkładki, nie wykazały alkaloidów właściwych dla podkładki. Również w zrazach odmian mieszańcowych pomidorów odpowiednio „wychowanych“, które jako formy o „dziedziczności rozchwianej“ wrażliwsze są na wpływy środowiska, nie udało nam się wykryć alkaloidów podkładki. Alkaloidy bielunia nie przechodzą więc z podkładki do zraza. Wyniki te zgodne są z doświadczeniami Jemesa O., Jordana M. oraz Vincenta D. i Dulucq-Mathou T.

Jak przedstawia się z kolei sprawa zmiany ilości alkaloidów w podkładce bieluniowej przy zaszczepieniu na niej obco rodzajowego zraza? W przypadku gdy zrazem był pomidor, któremu obcinano liście („wychowywanie“), to jasne, że zmiany nie mogły wystąpić, bo tak niewielka ilość asymilatów, jaką wytworzył bardzo zredukowany system liściowy zraza, nie mogła wpłynąć na podkładkę (tabl. 1). Czy jednak w takich przypadkach, kiedy zrazem będzie silnie rozwinięta roślina pomidorowa, nie wystąpią zmiany w zawartości alkaloidów podkładki? Otóż o ile przyjrzymy się tabeli 2, to stwierdzimy, że zmiany żadne nie następują w podkładce, a więc zraz taki nie wywarł żadnego wpływu na przebieg syntezy alkaloidów podkładki. Jednocześnie wyniki te wykazują, że glikoalkaloidy pomidora nie przechodzą przez miejsce szczepienia, gdyż analiza ich nie uchwyciła. Zawartości alkaloidów w podkładce nie są nigdy wyższe niż w kontroli (tab. 1 i 2).

W kombinacji szczepień odwrotnych, a więc bielun jako zraz i pomidor jako podkładka, nie stwierdziliśmy w żadnym wypadku alkaloidów tropinowych w podkładce. Zresztą w zrazach bielunia w tych kombinacjach szczepień nie stwierdzaliśmy ilościowo alkaloidów właściwych dla bielunia.

W podobnych szczepieniach lulka na pomidorze M. Jordan stwierdziła alkaloidy tropinowe w podkładce pomimo braku tych alkaloidów w zrazie. Liście zraza, zdaniem autorki, są niezbędne do zapoczątkowania w podkładce syntezy alkaloidu, który nie występuje w zrazie. Wydaje się jednak mało prawdopodobne, aby liście obcorodzajowego zraza mogły w ten sposób zmienić metabolizm podkładki, żeby zaczęła syntetyzować niewłaściwe dla niej alkaloidy. W naszych doświadczeniach takie kombinacje szczepień nigdy nie wykazały alkaloidów tropinowych w podkładce, a próby jakościowe na atropinę dawały zawsze wyniki ujemne. Przeprowadziliśmy dużą ilość materiału, a wśród różnych kombinacji szczepień znalazły się takie, w których szczepione były zrazy w stadium kilku listków czy też na krótko przed kwitnieniem. Zrazy takie zawierały już znaczne ilości alkaloidów, a więc łatwiej mogły wywrzeć wpływ na podkładkę.

Zagadnienie zachowania się potomstwa nasiennego bielunia, który szczepiony był na pomidorach i w roku szczepień nie wykazał alkaloidów, było badane przez cztery lata. Nasiona bielunia z pierwszego roku szczepień zostały wysiane w następnym roku. Część tych nasion prowadzona była na własnych korzeniach, a część przeszczepiona w stadium dwuliścieniowym czy pierwszego listka na pomidory. To przeszczepianie powtarzane było przez trzy lata, tak że praktycznie rośliny te w tym okresie nie mogły tworzyć właściwych im alkaloidów. O ile przyjrzymy się tabeli 3, stwierdzimy, że rośliny z takich szczepień po przeniesieniu ich na własne korzenie zaczynają od razu tworzyć właściwe im alkaloidy, przy czym ilościowo jest ich tyle, co w kontroli (tab. 3, komb. 3). W czwartym roku po trzyletnim przeszczepianiu bielunia pokolenie jego nie różniło się zawartością alkaloidów od kontroli.

Przebadaliśmy również pokolenie drugie bielunia, pochodzące ze szczepień na pomidorach, które w poprzednim roku rośło na własnych korzeniach, a to dla stwierdzenia, czy nie wystąpią jakieś zmiany w drugim roku po szczepieniu. Jednak i tutaj nie było różnic w zawartości alkaloidów (tab. 3, komb. 4). Wpływ szczepienia na zawartość alkaloidów u bielunia, który objawia się w roku szczepienia brakiem alkaloidów, nie utrwała się w potomstwie nasiennym szczepionych roślin. Analogiczne wyniki uzyskali Mothes i Romeike dla bielunia i Endemann dla tytoni. Szczepienia nie utrwalają więc w potomstwie zmian w zawartości alkaloidów.

W N I O S K I

1) W syntezie alkaloidów tropinowych decydującą rolę odgrywa korzeń. Bieluń pozbawiony własnego systemu korzeniowego nie jest zdolny do wytworzenia właściwych mu alkaloidów w ilościach, jakie wytwarza normalnie. W liściach bielunia zaszczerpionego na pomidorze odbywa się również synteza alkaloidów tropinowych, jednak w bardzo ograniczonych rozmiarach.

2) Brak alkaloidów tropinowych w owocach pomidora zaszczerpionego na bieluń wskazuje na to, że alkaloidy nie przechodzą z podkładki do zraza. Podkładka alkaloidowa nie jest również w stanie zmienić systemu liściowego pomidora do tworzenia niewłaściwych dla niego związków.

3) W pomidorze, na którym zaszczerpiony był bieluń, nie stwierdzono alkaloidów zraza. Również nie stwierdzono zmian w zawartości alkaloidów bielunia, na którym szczepiony był pomidor.

4) Zmiany w zawartości alkaloidów, które w roku szczepienia objawiają się u bielunia brakiem właściwych mu alkaloidów, nie utrwalają się w potomstwie nasiennym nawet po trzyletnim kolejnym przeszczepieniu bielunia na pomidory.

5) Szczepienia wzajemne roślin alkaloidowych tworzących alkaloidy tropinowe i niealkaloidowych dla obniżenia bądź zwiększenia tych związków nie dają praktycznych rezultatów. Nie udaje się również na tej drodze zmusić rośliny do tworzenia niewłaściwych dla niej związków.

Zespół Cytologii i Genetyki I. H.A.R.
w Bydgoszczy

(Wpłynęło dn. 12.XII.1954 r.)

S U M M A R Y

A series of experiments has been carried out on mutual graftings between tomato and hebane plants and on the behaviour of the seed progeny from such grafts. The experiments have shown that the synthesis of the tropine alkaloids was governed primarily by the root. In hebane leaves grafted on a tomato plant the alkaloids were also synthesized though at a greatly reduced rate.

The fruit produced by a tomato grafted on a hebane plant contained no tropine alkaloids. Such was also the case with the fruit produced by tomato plants grafted with hebane, and in the so obtained fruit no alkaloids have been found. No change in the alkaloid level has been observed in hebane plants on which tomatoes had been grafted. The progeny raised from seeds collected on hebane plants which had shown no alkaloids during the year in which it had been grafted began to synthesize alkaloids once it produced its own roots. Thus the changes induced during the year of grafting have been not perpetuated in the following generations, even when the hebane was grafted for three years running on the same stock.

L I T E R A T U R A

- Daniel L. et Ripert J., 1923. Recherches sur les variations du chimisme chez les plantes greffés. C. r. Acad. Sc., Paris, 177.
- Dawson R., 1948. Alkaloid biogenesis. Adv. in Enzymology Vol. 8.
- Endemann W., 1953. Wird der Nikotingehalt der Samennachkommenschaften durch Pfropfungen beeinflusst? Züchter 23, 206.
- Evans W. C., Patridge M. W., 1952. Alkaloid biogenesis in *Datura*. Nature, Vol. 169, Nr 4295.
- Głuszczenko I., 1950. Wegetatywne krzyżowanie roślin. Warszawa, P.W.R. i L.
- Hegenauer R., 1951. Pharmac. Weekblad 86. 805.
- Hieke K., 1942. Pflanzenphysiologische Untersuchungen über Alkaloide. Planta 33, 185.
- Iljin G. S., 1949. Problemy biochemii w miczurinskoj biologii. Izv. Akad. Nauk. SSSR. T. 1, str. 169.
- James W. O., 1946. Demonstration of Alkaloids in Solanaceous Meristems. Nature, Vol. 158, 377.
- James W., 1950. The Alkaloid. Vol. I, wyd. R. H. F. Manske and H. L. Holmes, New York.
- Javillier M., 1910. Sur la migration des alcaloides dans les greffes de Solanées sur Solanées C. r. Acad. Sc. Paris, 150: 1360.

- Jordan M., 1952. Mieszańce wegetatywne w rodzinie *Solanaceae*. Postępy Wiedzy Roln. 3: 51.
- Krajewoj I. M., 1941. O wlijanij podwoja na priwoj u paslenowych. Izw. Akad. Nauk SSSR. Ser. Biolog. Nr 3.
- Maszkowcew M. F., Szirotenko A. A., 1951. O sposobnosti klietok nadziemnoj czasti tabacznowo rastienija sintezirować nikotin. Dokłady A. N. SSSR. 79: 487.
- Mayer A., Schmidt E., 1910. Über die gegenseitige Beeinflussung von Symbionten heteroplastischer Transplantation unter besonderer Berücksichtigung der Wanderung der Alkaloide, Flora 100.
- Mothes K., Hicke K., 1943. Die Tabakwurzel als Bildungsstätte des Nikotins. Naturwissenschaften, 31: 17.
- Mothes K., Romeike A., 1951. Über die Anhäufung von Alkaloiden in Organen der Speicherung und Reproduktion. Biol. Zbl., 70: 97.
- Mothes K., Romeike A., 1952. Zur Frage der Alkaloidsynthese im Spross. Flora, 139: 181.
- Peacock S. M., Leyerle D. B., Dawson R. F., 1944. Alkaloid accumulation in reciprocal grafts of *Datura stramonium* with tobacco and tomato. Amer. J. Bot., 31: 463.
- Prokoszew S. M., Petroczenko E. I., Iljin G. S., Baranowa W. Z., Lebediewa N. A., 1952. Gliukoalkaloidy w listjach i klubniach wegetatiwno priwitych rastienij. Dokł. Akad. Nauk. SSSR. 83: 881.
- Schmidt J., Grafe W., 1920. Alkaloide. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden. Ab. I. T. 9. Wyd. Abderhalden E. Berlin-Wien.
- Seka R., 1933. Alkaloide. Klein, Handbuch der Pflanzenanalyse T. IV. 476. Wyd. 9. Wien.
- Tuszniakowa M. M., 1944. O priwivkach alkaloidnych rastienij. Dokł. WASChNiL. T. 10.
- Tuszniakowa M. M., 1946. Prjamyje i obratnyje priwivki alkaloidnych i bezalkaloidnych rastienij. Agrobiologia Nr 4.
- Tuszniakowa M. M., 1948. Znaczenije priwivok w razrieszenii niekotorych woprosow w biologii. Trudy Inst. Gienet., Nr 15.
- Vincent D., Dulucq - Mathou T., 1946. C. r. Soc. Biol. 140: 535.
- Warren Wilson P. M., 1952. Formation and Transport of Alkaloids in Solanaceous Grafts. New Phytolog. 51: 301.

Pterocarya w interglacjale z Włodawy

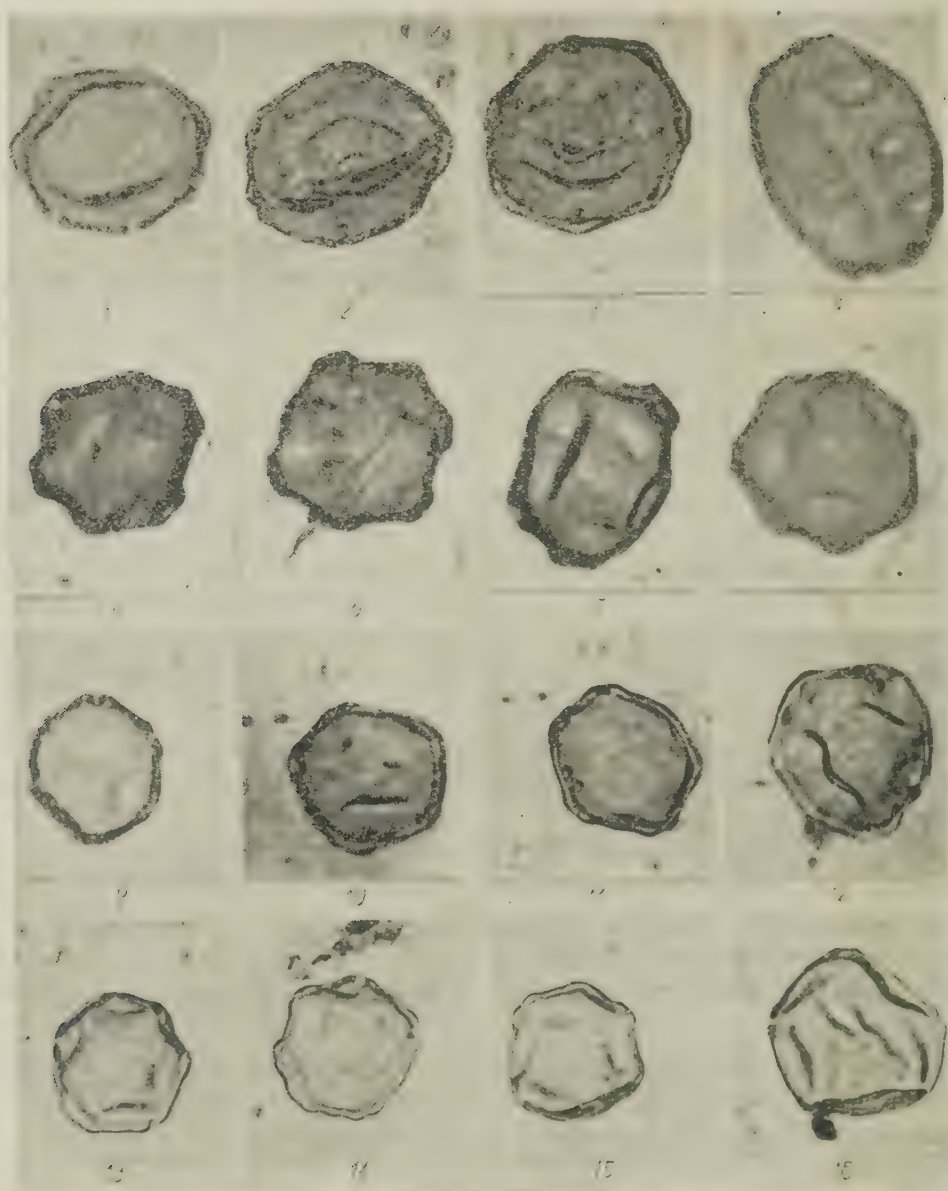
Pterocarya from the interglacial deposits of Włodawa

A. STACHURSKA

W opracowywanym przeze mnie materiale interglacialnym z Włodawy nad Bugiem, poza pyłkami drzew charakterystycznych dla interglacjału Masovien I, do którego, jak sądzić można z wyników analizy pyłkowej, badane osady należą, znalazłam pyłki rodzaju *Pterocarya*, nie notowane dotąd w polskich pracach analityczno-pyłkowych z tego interglacjału. *Pterocarya* występuje tu nie sporadycznie, lecz tworzy niską wprawdzie, ale ciągłą krzywą w obu badanych wierceniach, osiągając nieznaczne maksimum (5% w pierwszym i 3% w drugim otworze) w piętrze, które przedstawia optimum termiczne starszego interglacjału.

Ziarna pyłku znajdowane w materiale z Włodawy mają wielkość 30 — 36 μ i są 5 — 7 porowe; najczęściej spotykałam pyłki o sześciu porach, o średnicy 33 μ .

Z żyjących dziś gatunków tego rodzaju jeden jest zachodnio-azjatycki, pozostałe 10 chińskie i japońskie. Dla porównania z materiałem kopalnym miałam preparaty pyłkowe z *Pterocarya caucasica* C. A. Mey (= *P. fraxinifolia* Spach.), japońskiej *P. rhoifolia* Sieb. & Zucc. oraz chińskiej *P. stenoptera* DC., zrobione z materiałów zaczerpniętych z bogatych zbiorów zielnikowych Instytutu Botanicznego we Wrocławiu. Pyłki tych trzech gatunków pomierzyłam i zrobiłam mikrofotografie. Pomiaru były robione na pyłkach pochodzących z jednego tylko okazu zielnikowego z każdego z wyżej wymienionych gatunków, mogą być więc uważane za niewystarczające i niemiarodajne. Nie miałam jednak innych możliwości. Muszę zaznaczyć, że wyniki moich pomiarów są inne niż podawane dotąd w literaturze. Erdtman podaje dla *P. caucasica* wymiary 23 — 32 μ , według moich pomiarów wielkość waha się od 30,6 — 43,2 μ ; najczęściej spotykana wielkość (u około 50% zmierzonych ziarn pyłku) wynosi 36 μ . Wodhouse podaje dla *P. stenoptera* wielkość 26,2 — 30,4 μ ; mierzone przeze mnie ziarna pyłku mają wymiary 30,6 — 37,8 μ , z najczęściej powtarzającą się wielkością 36 mikronów. *P. rhoifolia*, której wymiarów nie podaje żaden z wyżej wymienionych autorów, ma 37,8 — 46,8 μ ; wielkość najczęściej spotykana 45 μ . Przypuszczalnie ta rozbieżność wyników



1—4 *Pterocarya rhoifolia*; 5—8 *Pterocarya caucasica*; 9—12 *Pterocarya stenoptera*;
13—16 *Pterocarya kopalna* z Włodawy

spowodowana jest niejednakowym przygotowaniem mierzonego materiału pyłkowego. Mierzony przeze mnie materiał porównawczy przygotowywałam metodą acetolizy, żeby upodobnić go do materiału kopalnego.

Pterocarya kopalna z Włodawy wielkością zbliżona jest do gatunków: *P. caucasica* i *P. stenoptera*. Nie spotykałam jednak wśród materiału ko-

palnego pyłków o charakterystycznych dla *P. caucasica* wystających narożach, przypominających wydatne pory ziarn pyłku *Carpinus*. Na podstawie dostępnego mi, szczupłego materiału porównawczego uważam, że kopalne pyłki zarówno wielkością, jak i kształtem najbardziej są zbliżone do ziarn pyłku *P. stenoptera*.

Zakład Paleobotaniki
Uniwersytetu Wrocławskiego

(Wpłynęło dn. 20.XII.1954 r.)

S U M M A R Y

The author has found rather numerous pollen grains of *Pterocarya* in the interglacial deposits of Włodawa, belonging most probably to the interglacial Masowien I (Mindel-Riss). Their frequency reached up to 5% in the optimal phase of the investigated profiles.

The fossil pollen of *Pterocarya* (Table I, figs 13—16) have been compared to the pollen of recent species: *Pt. rhoifolia*, *Pt. caucasica* and *Pt. stenoptera* (Table I, figs. 1—12). The fossil pollen is the most similar to that of *Pt. stenoptera* DC.

Till now *Pterocarya* has not been known from the two younger interglacials of Poland (Masovien I and Masovien II).

Studia nad kariologią krytycznego gatunku *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck

Karyological studies in the critical species Chrysanthemum subcorymbosum (Schur) Beck.

K. BIJOK

WSTĘP

W pracy niniejszej rozpatruję wartość systematyczną krytycznego gatunku *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck w świetle badań cytologicznych. W dziele Hegi'ego o *Illustrierte Flora von Mittel-Europa* (tom VI/2) roślina ta jest podana jako *Chrysanthemum corymbosum* var. *subcorymbosum*. Natomiast autorzy polscy (Szafer, Kulczyński, Pawłowski) w pierwszym wydaniu *Roślin polskich* (1924) zdecydowanie traktują ją jako odrębny gatunek, wypowiadając pogląd, że *Chr. subcorymbosum* niesłusznie bywa uważane za odmianę *Chr. corymbosum* (str. 628). W drugim jednak wydaniu *Roślin polskich* (1953) po opisie *Chr. subcorymbosum* — nadal figurującym pod własną nazwą gatunkową — podana jest uwaga „prawdopodobnie odmiana poprzedniego“ (str. 689). Zdaniem moim, dawniejszy pogląd systematyków polskich posiada poparcie w różnicach systematyczno-morfologicznych jak również w rozmieszczeniu geograficznym i ekologicznym. Ponieważ brak dotychczas cytologicznego opracowania obu form porównawczo, podjąłem pracę niniejszą dla wyjaśnienia zagadnienia od strony cytologicznej, mianowicie zbadania, czy gatunek krytyczny *Chr. subcorymbosum* posiada tę samą liczbę chromosomów, co *Chr. corymbosum*. Należy zaznaczyć, że *Chr. subcorymbosum* pod względem cytologicznym poprzednio nie było badane w ogóle; nad *Chr. corymbosum* zaś przeprowadził badania uczony japoński Shimomai (1937), który ustalił dla tego gatunku haploidalną liczbę chromosomów $n = 18$, badając podziały mejotyczne w komórkach macierzystych pyłku. W toku niniejszej pracy stwierdziłem, że liczba chromosomów u *Chr. subcorymbosum* jest dwukrotnie niższa ($n = 9$, $2n = 18$), co stanowi dalszą bardzo istotną różnicę pomiędzy obu formami.

MATERIAŁ I METODY

Materiał *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck (stożki wzrostu korzeni i kwiaty) zebrany został w latach 1951 i 1952 w Pieniach z dwóch stanowisk: na drodze z Krościenka na Trzy Korony na polanie nad brzegiem Potoku Pienińskiego na granicy lasu i łąki oraz poniżej szczytu Trzech Koron na polanie koło drożki prowadzącej w kierunku na Czorsztyn.

Materiał *Chrysanthemum corymbosum* L. (stożki wzrostu korzeni i kwiaty) zebrany został w 1952 roku z trzech stanowisk: w woj. krakowskim w pobliżu wsi Umiejów w kierunku południowym na granicy lasu w zaroślach; w woj. kieleckim na skraju lasu w kierunku południowym od przystanku kolejowego Grabów i w woj. lubelskim na skraju widnego lasu w pobliżu wsi Sulów od strony południowej.

Zebrany materiał utrwalony metodą Navashina, zatopiony w parafinie 52°, został pokrajany na skrawki o grubości 10 mikronów. Barwienie przeprowadzono fioletem gencjanowym, różnicowano zaś roztworem fenolu w ksylenie w stosunku 1 : 3. Rysunki wykonano aparatem rysunkowym Zeissa spod mikroskopu Lumipan przy użyciu obiektów 100 × i 90 × w połączeniu z okulem 20 ×.

LICZBA CHROMOSOMÓW I ICH MORFOLOGIA

Liczba chromosomów obydwu gatunków została ustalona w metafazach somatycznych merystemów stożków wzrostu korzeni oraz w diakinezie, metafazie i anafazie I podziału mejotycznego komórek macierzystych pyłku.

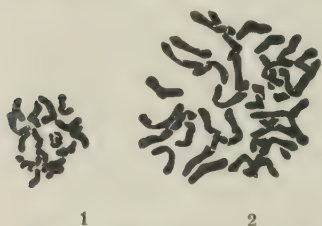


Fig. 1. *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck (× 2000).

Fig. 2. *Chrysanthemum corymbosum* L. (× 2400)

W toku badań zostały stwierdzone liczby chromosomów *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck: $n = 9$ i $2n = 18$ oraz *Chr. corymbosum* L.: $n = 18$ i $2n = 36$. Liczba chromosomów u *Chr. subcorymbosum* (Schur) Beck jest więc dwukrotnie mniejsza od liczby występującej u *Chr. corymbosum* L.

Poszczególne chromosomy z płytek somatycznych można zestawić u *Chr. subcorymbosum* w 9 a u *Chr. corymbosum* w 18 par odpowiadających sobie wielkością i kształtem. Pary te dają się dość łatwo wyróżnić w płytkach metafazowych, pomimo że poszczególne chromosomy są powyginane i nie leżą dokładnie w jednej płaszczyźnie (fig. 1 i 2).

Poszczególne pary różnią się od siebie dość znacznie pod względem morfologii i długości. Zgodnie z wytycznymi ustalonymi przez badacza rosyjskiego Lewitsky'ego (1931) dla morfologii chromosomów można je podzielić na dwie główne grupy (tabela 1).

Tabela 1
Porównanie długości i proporcji ramion chromosomów
Chrysanthemum subcorymbosum i *Chr. corymbosum*

Całkowita długość chromosomów w mikronach	Proporcje ramion	Liczba par u <i>Chr. subcorymbosum</i> (2n=18)	Liczba par u <i>Chr. corymbosum</i> (2n=36)
3	2 : 1	3	6
1,5	2 : 1	1	2
3	1 : 1	1	2
2	1 : 1	2	4
1,5	1 : 1	2	4

1 grupa: chromosomy dwuramiennie, posiadające centromery mniej więcej w jednej trzeciej długości a więc stosunek długości ramion wynosi 2 : 1. Występują one w ilości 4 par u *subcorymbosum* i 8 par u *corymbosum*. Dają się tu zauważyć różnice długości. Mianowicie u *subcorymbosum* jedna para (fig. 3c) a u *corymbosum* dwie pary (fig. 4c, c') mają około 1,5 mikrona długości, zaś trzy pary u *subcorymbosum* (fig. 3 d, e, f) oraz sześć par u *corymbosum* (fig. 4 d, d', e, e', f, f') posiadają długość około trzech mikronów.

2 grupa: chromosomy dwuramiennie o ramionach jednakowej długości (równoramienne) ogółem pięć par u *subcorymbosum* i dziesięć par u *corymbosum*. Z nich u *subcorymbosum* jedna para (fig. 3 g) a u *corymbosum*

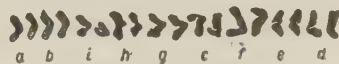


Fig. 3. *Chrysanthemum subcorymbosum*. Poszczególne chromosomy z przedstawionej na fig. 1. płytki metafazowej. Chromosomes from plate Fig. 1 drawn separately ($\times 2000$).

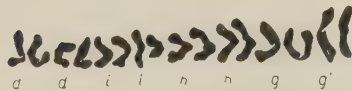
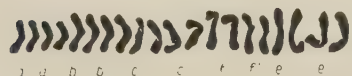


Fig. 4. *Chrysanthemum corymbosum*. Poszczególne chromosomy z przedstawionej na fig. 2. płytki metafazowej. Chromosomes from plate Fig. 2 drawn separately ($\times 2400$).

bosum dwie pary (fig. 4 g, g') mają długość około trzech mikronów; dwie pary u *subcorymbosum* (fig. 3 h, b), a cztery pary u *corymbosum* (fig. 4 h, h', b, b') mają długość około dwóch mikronów; ostatnie dwie pary *subcorymbosum* (fig. 3 i, a) oraz cztery pary *corymbosum* (fig. 4 i, i', a, a') posiadają długość około 1,5 mikrona.

Zatem obie formy posiadają charakterystyczną dla rodzaju *Chrysanthemum* liczbę podstawową $x = 9$. Jednakże *Chr. subcorymbosum* przedstawia typ diploi-

dalny ($2n = 18$), podczas gdy *Chr. corymbosum* zarówno na stanowiskach polskich, jak i Europy środkowej, skąd pochodziły okazy badane przez Shimotomai (1937), jest gatunkiem tetraploidalnym ($2n = 36$).

Wyniki powyższe mogłem również potwierdzić w obserwacjach nad mejozą w komórkach macierzystych pyłku (fig. 5 — 9). U obu gatunków chromosomy występują w mejozie wyłącznie w postaci biwalentów. Nie zaobserwowałem u *Chr. corymbosum* tetrawalentów ani w diakinezie (fig. 6), ani w I metafazie. Należy zaznaczyć, że w stadium I metafazy (fig. 7) dają się stwierdzić różnice w wyglądzie biwalentów obu gatunków.

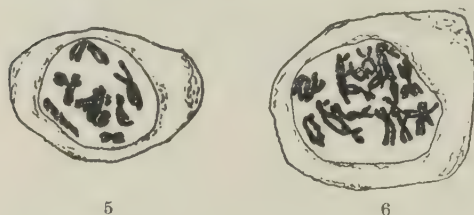


Fig. 5. *Chrysanthemum subcorymbosum*. Diakineza w komórkach macierzystych pyłku.

Diakinesis in P.M.C's ($\times 2400$).

Fig. 6. *Chrysanthemum corymbosum*. Diakineza w komórkach macierzystych pyłku.

Diakinesis in P.M.C's ($\times 2400$).

U *Chr. subcorymbosum* skoniugowane chromosomy związane są chiazmami pojedynczymi, których terminalizacja jest na ogół niekompletna (Darlington, 1932); u *Chr. corymbosum* część biwalentów przedstawia również typ z niecałkowicie (lub rzadziej całkowicie) sterminalizowanymi chiazmami pojedynczymi, inne jednak biwalenty (np. posiadające postać pierścienia) mają po dwie terminalne chiazmy. Biwalentów podobnego typu nie znalazłem w metafazie *Chr. subcorymbosum*. Wynika z tego, że u *Chr. corymbosum* biwalenty posiadają przeciętnie wyższą liczbę chiazm i silniejszy stopień ich terminalizacji niż u *Chr. subcorymbosum*.

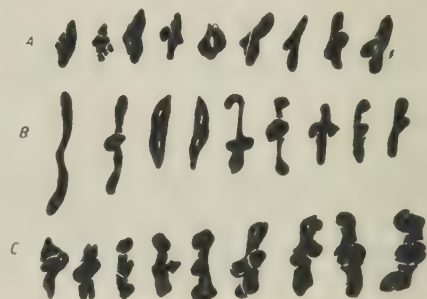


Fig. 7. A, B — *Chrysanthemum corymbosum* ($2n = 36$), 18 biwalentów z metafazy I podziału mejotycznego komórek macierzystych pyłku.

18 bivalents from I Metaphase in P.M.C's.

C — *Chrysanthemum subcorymbosum* ($2n = 18$). 9 biwalentów z metafazy I podziału mejotycznego komórek macierzystych pyłku.

9 bivalents from I Metaphase in P.M.C's. ($\times 2400$).

PORÓWNANIE CECH SYSTEMATYCZNO-MORFOLOGICZNYCH I ROZMIESZCZENIA GEOGRAFICZNEGO

Na tabeli 2 zestawione są poszczególne cechy systematyczno-morfologiczne *Chrysanthemum subcorymbosum* i *Chrysanthemum corymbosum*. Analizę cech oparłem na porównaniu żywych roślin i na okazach zielnikowych, znajdujących się w Zielniku Instytutu Botanicznego UJ w Krakowie, oraz na danych z literatury (Hegi, Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1924 i 1953).

Porównanie morfologii obu form pozwala stwierdzić istnienie pewnych stałych różnic, np. liczba koszyczków, rozgałęzienie kwiatostanów, średnica koszyczków, kształt okryw.

Tabela 2
Różnice w morfologii i rozmieszczeniu geograficznym *Ch. corymbosum*
i *Ch. subcorymbosum*

	<i>Chrysanthemum corymbosum</i> (2n=36)	<i>Chrysanthemum subcorymbosum</i> (2n=18)
Wysokość łodygi	40 — 150	30 — 100 cm
liście	nieparzysto-pierzaste, dość grube, ciemnozielone, spodem miętko owłos.	nieparzysto-pierzaste, szaro-zielone, stosunkowo silnie owłosione
odcinki 1-go rzędu	na szczycie tępe	na szczycie ostre
odcinki 2-go rzędu	łatki i ząbki zwykle jajowate, dość nagle ściągnięte w małe ostrze	łatki i ząbki węższe, najczęściej lancetowate lub jajowato-lancetowate
kwiatostan	rozgałęziony; koszyczków 8—20; średnica koszyczków 2,5—4cm	z reguły o gałązkach pojedynczych; koszyczków najczęściej 3-6 (rzadko więcej); średnica koszycz. 3-5.5 cm.
łuski okrywy	zielone, owłosione, blade lub jasnobrązowo obrzeżone	dość szeroko ciemno-obrzeżone
kształt okrywy	piasko-kulista, 2-3 razy szersza, niż wysoka, w nasadzie szeroko zaokrąglona	ok. 1,5 raza szersza niż wysoka, w nasadzie nieco stożkowato ściągnięta
kwiaty języczkowe	rozpostarte poziomo	często odgięte ku dołowi
owoce	3 mm długie, 5-cio żeberkowe, żywicznie punktowane, na szczycie z kielichem 3-4 razy krótszym od owocu	jak u <i>Chr. corymbosum</i>
okres kwitnienia	czerwiec do sierpnia	lipiec do sierpnia
stanowiska	zarośla, słoneczne wzgórza, widne lasy liściaste	suche łąki, brzegi lasów, upłazy
rozmieszczenie w Polsce	Wyżyna Małopolska i Lubelska (Szafer, Kulczyński, Pawłowski.1924,1953)	w Karpatach od regła dolnego po krainę kosodrzewu (Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1924, 1953)
rozmieszczenie ogólne	południowa część Polski, Niemcy aż po południową Szwecję, Belgia, Francja, na południe aż po Portugalię i Hiszpanię, po środkowe Włochy, północna część Półwyspu Bałkańskiego na wschód do Azji Mniejszej, Góry Kaukazu po republikę Rosyjską (Hegi)	południowe i wschodnie Alpy i Karpaty (Hegi).

Rozmieszczenie geograficzne, omówione w tabeli i przedstawione na załączonej mapce (fig. 10), wykazuje charakterystyczne różnice. *Chrysanthemum subcorymbosum*, którego występowanie ograniczone jest do terenów górskich, posiada zasięg znacznie węższy niż *Chr. corymbosum*. Nadto w obrębie wspólnego zasięgu stwierdzić się daje wyraźne rozdzielanie ekologiczne. Różnice te oraz różnica w liczbach chromosomów, diploidalnej u *Chr. subcorymbosum* i tetraploidalnej u *Chr. corymbosum*, przemawiają na korzyść poglądu, że *Chrysanthemum subcorymbosum* przedstawia odrębny gatunek.

DYSKUSJA

W związku ze stwierdzeniem różnicy w liczbie kompleksów chromosomowych *Chrysanthemum subcorymbosum* i *Chrysanthemum corymbosum* wysuwa się zagadnienie, czy forma o wyższej tetraploidalnej liczbie powstała z formy diploidalnej przez podwojenie jej kompleksu, czy też podwyższenie liczby chromosomów było poprzedzone przez krzyżowanie. W pierwszym wypadku *Chrysanthemum corymbosum* przedstawiałoby typ autopoliploidalny zbudowany z czterech identycznych genomów, w drugim zaś typ alloploiploidalny.

Jak wiadomo, podwojenie kompleksów chromosomów, prowadzące do autopoliploidalności, może niekiedy zachodzić samorzutnie na drodze mutacji (mutacje genomów) zarówno w tkankach somatycznych, jak i komórkach rozrodczych. Zjawiska te są konsekwencją zakłóceń w przebiegu podziałów jądra komórkowego. Typowymi przykładami autotetraploidów są: *Datura stramonium* (Belling i Blakeslee, 1921), *Primula sinensis* (de Winton i Haldane, 1931). U organizmów takich w mejozie zazwyczaj występują nie biwalenty, lecz tetrawalenty, przedstawiające czwórki ściśle homologicznych chromosomów. W związku z ich obecnością prawidłowy rozdział chromosomów na bieguny w anafazie może niekiedy ulegać zakłóceniu i w konsekwencji płodność takich autopoliploidów zostaje obniżona (Darlington, 1932, str. 179 — 180).

Inny typ poliploidalności posiadają tzw. alloploiploidy. Typowym sposobem ich powstawania jest uwielokrotnienie kompleksów chromosomowych u mieszańców gatunkowych lub rzadziej mieszańców pomiędzy odrębnymi rodzajami. Bardziej znanymi przykładami alloploiploidów są: *Raphano-Brassica* ($2n = 36$), tetraploidalny mieszaniec powstały ze skrzyżowania rzodkiewki ($2n = 18$) z kapustą ($2n = 18$) (Karpechenko, 1927); *Nicotiana digluta* ($2n = 72$) powstała ze skrzyżowania *N. glutinosa* ($2n = 24$) z *N. tabacum* ($2n = 48$) (Clausen i Goodspeed, 1925); *Primula Kewensis* ($2n = 36$) — tetraploidalny mieszaniec pomiędzy *P. floribunda* ($2n = 18$) a *P. verticillata* ($2n = 18$) Newton i Pellew,

1929); *Aquilegia Janczewski* ($2n = 28$) powstała ze skrzyżowania *A. chrysanth* ($2n = 14$) z *A. flabellata* ($2n = 14$) (Skalińska 1932, 1935).

W przeciwieństwie do autopoliploidów, allotetraploidy posiadają wysoki stopień płodności. Nadto osiągnęły one pewną odrębność zarówno morfologiczną, jak i fizjologiczną. Zatraciły one w znacznym stopniu zdolność krzyżowania z formami wyjściowymi. Dlatego też uważane są za nowe gatunki, powstałe drogą krzyżowania. Liczne gatunki, występujące w przyrodzie, przedstawiają allopoliploidy. Należy tu np. wiele gatunków z rodzaju *Rosa* (Taeckholm, 1922) oraz *Galeopsis tetrahit* ($2n = 32$) doświadczalnie zsyntetyzowany przez Müntzinga (1930) z dwóch gatunków diploidalnych *G. pubescens* ($2n = 16$) i *G. speciosa* ($2n = 16$).

Przeprowadzone w toku niniejszej pracy obserwacje nad kompleksami chromosomów *Chrysanthemum* w podziałach somatycznych wykazały znaczne ich podobieństwo u obu gatunków. Można by z tego wnosić, że *Chr. corymbosum* jest autotetraploidem formy diploidalnej, jaką przedstawia *Chr. subcorymbosum*. Jednakże w stadium metafazy I podziału mejotycznego w komórkach macierzystych pyłku występują u *Chr. corymbosum* wyłącznie biwalenty, nie zaś tetrawalenty, które są charakterystyczne dla autotetraploidów. Nadto, jak wzmiankowałem poprzednio, w wyglądzie biwalentów u obydwu gatunków dają się stwierdzić różnice: u *Chr. corymbosum* biwalenty posiadają przeciętnie wyższą liczbę chiazm i silniejszy stopień ich terminalizacji niż u *Chr. subcorymbosum*. Szczegóły te również pozwalają wnosić, że kompleksy obu gatunków nie są identyczne.

Brak tetrawalentów w podziałach mejotycznych nasuwa zatem przypuszczenie, że *Chr. corymbosum* jest raczej allotetraploidem, który powstał w konsekwencji krzyżowania z jakimś innym diploidalnym gatunkiem i podwojenia liczby chromosomów u mieszańców. Gatunek ten posiada normalną płodność; szczegól ten również przemawia na korzyść tego przypuszczenia.

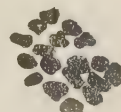
Do dalszych badań nad poznaniem typu poliploidalności *Chr. corymbosum* należałoby wprowadzić metody eksperymentalne. Jedną z nich byłoby krzyżowanie pomiędzy obiema formami, umożliwiające studia nad zdolnością koniugowania ich chromosomów w mejozie. Należałoby również, stosując znane metody (np. działanie kolchicyną), próbować podwoić liczbę chromosomów *Chrysanthemum subcorymbosum* i porównać cechy otrzymanych tą drogą tetraploidów z cechami *Chr. corymbosum*.



8

Fig. 8. *Chrysanthemum subcorymbosum*. Anafaza I podziału mejotycznego widziana z góry.

I Anaphase in P.M.C's — Polar view ($\times 2400$).



6

Fig. 9. *Chrysanthemum corymbosum*. Anafaza I podziału mejotycznego widziana z góry.

I Anaphase in P.M.C's — Polar view ($\times 2400$).

Jak wiadomo, typy o wyższych liczbach chromosomów w obrębie rodzaju wywodzą się od typów o niższych liczbach, najogólniej od typów diploidalnych. Formy diploidalne są więc starsze filogenetycznie od form poliploidalnych.

Wyniki niniejszych badań cytologicznych wykazały, że z obu niewątpliwie blisko spokrewnionych form taką starszą formę pod względem filogenetycznym przedstawia właśnie *Chr. subcorymbosum*. Traktowanie go zatem jako odmiany (var.) w obrębie gatunku *Chr. corymbosum* jest nieuzasadnione. Oznaczałoby to bowiem, że z gatunku tetraploidalnego powstała odmiana diploidalna, czyli forma filogenetycznie starsza z formy filogenetycznie młodszej. Domniemany allotetraploidalny charakter tej młodszej formy również przemawia za jej odrębnością gatunkową.



Fig. 10. Rozmieszczenie geograficzne w Europie *Chrysanthemum subcorymbosum* (S c h u r) B e c k i *Chrysanthemum corymbosum* L. (według danych Hegi'ego). Geographic distribution in Europe of *Chr. subcorymbosum* (S c h u r) B e c k and *Chr. corymbosum* L. (based on records of Hegi).

Dalszym argumentem na korzyść poglądu, że *Chr. subcorymbosum* przedstawia oddzielny gatunek, jest rozmieszczenie geograficzne, różniące się wyraźnie u obu typów chromosomowych, oraz ich rozdzielenie ekologiczne. Zasięg tetraploidalnego *Chr. corymbosum* jest znacznie szerszy od zasięgu diploidalnego *Chr. subcorymbosum* (fig. 10). Młodszy tetraploidalny gatunek wykazuje znaczną zdolność ekspansji, podobnie jak liczne inne poliploidalne gatunki naturalne.

STRESZCZENIE

1. W toku niniejszej pracy ustalono liczbę chromosomów u *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck z dwóch stanowisk w Pieninach oraz u *Chr. corymbosum* L. z trzech stanowisk w Polsce południowej. Badania przeprowadzone były na mitozach w stożkach wzrostu korzonków oraz na podziałach mejotycznych w komórkach macierzystych pyłku. Otrzymano następujące wyniki:

Chrysanthemum subcorymbosum $n = 9$, $2n = 18$,

Chrysanthemum corymbosum $n = 18$, $2n = 36$.

Liczby otrzymane dla okazów *Chr. corymbosum* z Polski są zgodne z podanymi przez Shimotomai (1937); natomiast *Chr. subcorymbosum* nie było badane cytologicznie.

W obrębie kompleksów chromosomy wykazują zróżnicowanie morfologiczne. W mejozie tetraploidalnego *Chr. corymbosum* występują wyłącznie biwalenty, które różnią się od biwalentów *Chr. subcorymbosum* wyższą liczbą chiazm i silniejszą ich terminalizacją. Przemawia to na korzyść przypuszczenia, że kompleksy obu gatunków nie są identyczne i że *Chr. corymbosum* przedstawia zapewne typ allotetraploidalny.

2. Szczegółowe porównanie cech morfologicznych *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck i *Chr. corymbosum* L. doprowadziło do stwierdzenia pewnych stałych różnic. Dalszą różnicę stanowi rozmieszczenie geograficzne. Diploidalne *Chr. subcorymbosum* (Schur) Beck posiada zasięg znacznie węższy niż tetraploidalne *corymbosum* L.

3. Powyższe wyniki dowodzą, że *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck przedstawia formę filogenetycznie starszą od *Chr. corymbosum* L.; wobec tego nie może być ono uważane za odmianę tego gatunku (G. Hegi), lecz winno być traktowane jako odrębny gatunek zgodnie z dawniejszym poglądem systematyków polskich (Szafar, Kulczyński, Pawłowski, 1924). Młodszy tetraploidalny gatunek *Chrysanthemum corymbosum* L. okazuje większą zdolność ekspansji niż diploidalne *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck, podobnie jak liczne poliploidalne gatunki w obrębie innych rodzajów.

Pracę niniejszą wykonałem w Zakładzie Botaniki Wyższej Szkoły Rolniczej w Olsztynie.

Kierownikowi Katedry Botaniki Ogólnej Uniwersytetu Jagiellońskiego pani prof. dr Marii Skalińskiej składam na tym miejscu, jako memu nauczycielowi, najserdeczniejsze podziękowanie za temat badań, zachętę i cenną wielostronną pomoc w toku pracy.

(Wpłynęło dn. 13.I.1955 r.)

SUMMARY

In the course of the present study the problem of the taxonomic position of *Chrysanthemum subcorymbosum* (Schur) Beck has been attacked on the basis of cytological investigations. Some authors (Szafer, Kulczyński, Pawłowski) have given it the rank of a separate species; others (Hegi) included it into the species *Chr. corymbosum* L. as var. *subcorymbosum* (Schur) Beck. The plants for the present study originated from natural habitats in southern Poland. The following chromosome numbers have been established in studies of root-tip mitoses and of meioses in. P. M. C's:

Chrysanthemum subcorymbosum: $n = 9$, $2n = 18$,

Chrysanthemum corymbosum: $n = 18$, $2n = 36$.

The number obtained for *Chr. corymbosum* agrees with the results reported by Shimotomai (1937). On the other hand, *Chr. subcorymbosum* was not investigated previously; it represents a diploid form, contrasting with the tetraploid *Chr. corymbosum*.

At meiosis the tetraploid species *Chr. corymbosum* forms only bivalents which are distinct from the bivalents of the diploid *Chr. subcorymbosum* by a higher chiasma frequency pro bivalent and their stronger terminalisation. This suggests that the genomes of the two chromosomal types are not identical and thus *Chr. corymbosum* seems to represent an allotetraploid.

In addition to some stable morphological differences, *Chr. subcorymbosum* differs from *Chr. corymbosum* by a notably smaller area of distribution (cf. fig. 10); the latter species presumably represents a phylogenetically younger form which manifests a greater capacity of expansion than the diploid *Chr. subcorymbosum*.

In view of the differences in chromosome numbers, in some morphological features, in geographic distribution as well as ecology, *Chr. subcorymbosum* deserves the rank of a separate species in accordance with the opinion of the Polish taxonomists, expressed in 1924.

The present study has been carried out in the Department of Botany of The Agricultural College in Olsztyn.

I would like to express my sincere gratitude to Prof. Dr. M. Skalińska, Head of the Institute of General Botany, University of Krakow, for suggesting the problem and for valuable advice during the course of my work.

LITERATURA

- Belling a. Blakeslee, 1924. The distribution of chromosomes in tetraploid *Daturas*. Amer. Nat. 58, str. 60—70.
- Clausen R. E. a. Goodspeed T. H., 1925. Inter-specific hybridization in *Nicotiana* II. A tetraploid *glutinosa-tabacum* Hybrid. Genetics, 10, str. 278—284.
- Darlington C. D., 1932. Recent advances in Cytology. London.
- Hegi G. — Illustrierte Flora von Mittel-Europa. VI Band. 2 Hälfte, str. 615. München.

- Karpeczenko G. D., 1927. Poliploidnyje gibridy *Raphanus sativus* L. $\times$ *Brassica oleracea* L., Trudy Prikl. Bot. Gen. i Sel. 27, nr 3, str. 305—394.
- Lewitsky G. A., 1931. The morphology of Chromosomes. Bull. of Applied Botany, of Genetics and Plant Breeding, Vol. XXVII, nr 1, str. 19—173.
- Müntzing A., 1930. Über Chromosomen-Vermehrung in Galeopsiskreuzung und ihre phylogenetische Bedeutung. Hereditas, 14, str. 153—173.
- Newton W. C. F. i Pellew, 1929. *Primula Kewensis* and its derivatives, Journ. of Genet., 20, str. 405—467.
- Piech K., 1929. Poliploidalność w świecie roślinnym w związku z zagadnieniem powstawania nowych gatunków. Kosmos Seria B, t. 54, str. 444—511.
- Shimotomai N., 1933. Zur Karyogenetik der Gat. *Chrysanthemum*. Journ. Sc. Hiroshima Univ., Ser. B. Div. 2, 2, str. 1—100.
- Shimotomai N., 1937. Chromosomenzahlen bei einigen Arten von *Chrysanthemum*. Zeitschr. für induktive Abstammungs- und Vererbungslehre. Berlin, Band 74, str. 30—33.
- Skalińska M., 1932. Cytological mechanism of segregation in the progeny of an allotetraploid *Aquilegia*. Proc. of. the VI Int. Congr. of Genetics, str. 185—186.
- Skalińska M., 1935. Cytogenetic Investigations of an Allotetraploid *Aquilegia*, Bull. Internat. de L'Academie Polonaise des Sciences, B, str. 33—63.
- Skalińska M., 1939. Genetyka, Warszawa, Wyd. Pol. Tow. Eug.
- Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1924. Rośliny Polskie, Warszawa, Lwów.
- Szafer, Kulczyński, Pawłowski, 1953. Rośliny Polskie, Warszawa.
- Sulma T., 1938. Problem ras geograficznych w świecie roślin na tle badań cytologicznych. Kosmos, Ser. B, T. 63, str. 227—313.
- Taeckholm G., 1922. Cytologische Studien über die Gattung Rosa, Acta Hort. Bergiani, Band 7/3.
- Tahara M., 1914—1915. Cytological Studies on *Chrysanthemum*. Bot. Mag. Tokyo, 28, str. 483—494.
- Tahara M., 1921. Cytologische Studien an einigen Kompositen. Jour. of the College of Science Imp. Univ. of Tokyo, Vol. 43, Art. 7, str. 1—53.
- de Winton D. a. Haldane J. B. S., 1931. Linkage in the tetraploid *Primula sinensis*. Journal of Genetics, 24 nr 1, str. 121—144.

Growth Distribution and Cell Arrangement in Apical Meristems

Rozmieszczenie wzrostu i układ komórek w merystemach wierzchołkowych

Z. HEJNOWICZ

The anatomic feature most characteristic for apical meristems is the pattern of cell arrangements. In some parts of the apex the cells may be arranged in layers, in others in filamentous series, or the cell arrangements may be irregular and show no definite design. The pattern of cell arrangements in the apex of a shoot or a root may vary greatly. What is then the cause that different cell arrangements are to be found in various cases?

The reason why cells are arranged into some definite pattern is to be looked for among such factors connected with the growth of the cell as the direction of growth and growth rate in the different directions, and factors connected with cell partition of which the most important is the plane of division. Or, briefly, the arrangement of meristematic cells depends on the mode of growth and on the manner in which the cells divide.

It is a well known fact that the mode of growth and the manner in which cells divide are interdependent. It is not difficult to observe that to one mode of cell growth there is a corresponding manner of division. For instance, meristematic cells from some one apex region always have more or less the same shape and size. A cell growing in one direction only must divide perpendicularly to that direction to counteract the change in its shape.

In the case of meristematic cells which are all alike, from the many factors regulating the manner of cell division, only the mode of cell growth is, indeed, changeable. It follows that in such conditions the manner of cell division is conditioned by the mode of its growth, and therefore the arrangement of undifferentiated meristematic cells depends, in the first place, on the mode of cell growth.

These considerations refer to individual meristematic cells. However, as the cells are the constituent parts of the apex their growth is depen-

dent on the growth of the apex as a whole (Hofmeister 1867 page 129). Hence the cell arrangement in the apex is regulated by the growth pattern of the apex. Consequently, two grades in the inside relations of the apex may be distinguished: first the pattern of the cell arrangements in the apex is conditioned by the way these cells grow, and this in turn depends on the growth of the apex. The latter dependence is essential for understanding the patterns of cell arrangements.

Some idea of the influence which the growth of the apex as a whole has on the cell arrangements may be obtained by comparing the net formed by cell walls in the plane of the apical axis with the net drawn on the surface of a growing leaf. The growth of the whole produces changes in the arrangement of the cell walls in the apex, determining at the same time the direction and the positions in which the new walls will be formed, similarly as it conditions changes in the passive leaf net.

The dependence between the cell pattern and the manner in which the apex grows has long been known, but the reports published on the subject are very incomplete.

J. Sachs (1878) describes the results produced by the mode of the apex growth which become apparent from the directions in which cell walls are arranged, i. e. from the anticlines and periclines. According to him the coaxial type of anticlines and periclines (Fig. 1b) is formed when

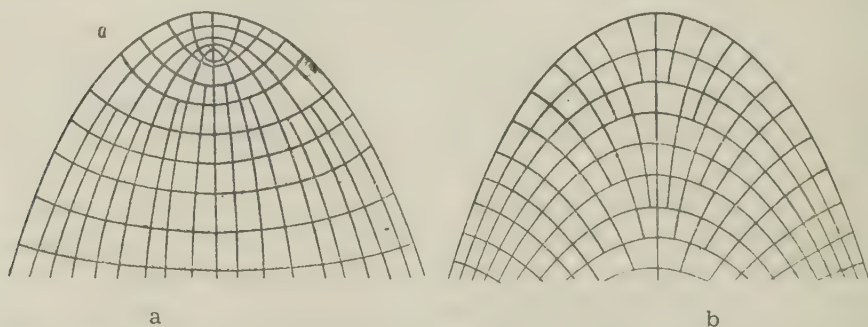


Fig. 1. Confocal — a, and coaxial — b types of orthogonal trajectories (after Sachs 1878).

the maximum growth rate is at the tip. When at the tip the growth rate is least the anticlines and periclines (the orthogonal trajectories) form the confocal pattern (Fig. 1a).

In Berthold's (1886) opinion cell division confirms to the postulate of the minimal area of the partition wall dividing the cell into two co-equal parts. However, the way in which the growth of the whole takes place conditions the cell arrangement. A similar view is expressed by Thompson (1917, page 634 sqq.).

Some information on the relation between the mode of growth and the cell arrangement pattern are given by Reinke (1880) who states that the "growth curves" (Zuwachskurven) of the convexal type, which corresponds to the coaxial periclinal, are connected with growth at the tip of the apex. This corroborates the previously quoted supposition of Sachs.

Some decades have passed since those reports had been published and during this time numerous workers have investigated the apex. The reports which have appeared on the cell arrangement patterns have been numerous, nevertheless, the elucidation of the relation here discussed has not advanced much. It seems that the responsibility for the present status lies chiefly with the atomic approach to the apex, most common in all investigations. With such an approach, based on the cell theory, the study of the mechanism involved in the formation of some cell pattern cannot reach further than the first grade of the aforementioned relationship. Much descriptive information has been assembled on the cell arrangement patterns, the mode of cell growth, and the directions of cell divisions, but the understanding of the essential motives underlying some specified cell pattern or, otherwise, the understanding of growth pattern of the apex as a whole has been neglected. It may be argued that if the growth of all the apical parts is described an understanding of the growth of the apex as a whole will be gained, but this is a tedious and doubtful way.

Much more promising prospects for advancement in the problem under discussion open when the apex is considered as a whole which is indicated, for instance, by the attempts made by Sachs. In such an approach both grades in the relation are accounted for and the cells are considered as parts of the apex. The apex as a whole is then the starting point for further considerations, which makes possible to begin them by defining theoretically all the various possible modes of apical growth and the relations between the mode of growth and the cell pattern arrangements, leaving the descriptive study of existing apices till this is accomplished. It is possible to start by delineating the growth models for apices and the corresponding models of inner structures. Indeed, such is the object of the present paper.

When the modes of growth of the apex as a whole and of the cells as parts composing the apex are analysed the following properties must be kept in mind:

- (i) the shape and the size of the apex do not change,
- (ii) the difference in the growth of the parts composing an apex is compensative in character. If to maintain the apex shape a growth quantity "a" is needed, then the growth of the parts taking part in this process will add up to "a". Thus, if one of the parts grows more, then the corresponding part must grow relatively less.

- (iii) The distribution of growth is not a mosaic where each part grows separately, it may be characterized in space as a growth field, and along an axis as a growth gradient¹. As Weiss puts it: "A field is an entity, a pattern, not a mosaic" (quoted after Needham, 1950, where also a detailed definition of the fields is made). The growth of a part results from its position in the growth field.

All these properties determine the growth of the apex parts.

Mention must also be made of the individual cell properties. A cell is not an entirely passive component of an organism, but is to some extent a separate unit for itself. The individual cell properties are shown by such features as, for instance, the additional differentiation in the cell wall growth and details in cell division which also have an influence on the cell pattern. This influence varies in the various kinds of tissues and seems to be very slight in the apical meristematic cells. When considering definite cases it must neither be underrated nor overrated while in theoretical deliberations it may be neglected.

It is the object of the present paper:

- (i) to establish a relation between the growth rates in the different directions and to define the possibilities for growth differentiation in an apex of a constant shape and size,
- (ii) to give a graphical method for illustrating the distribution of growth,
- (iii) to distinguish and characterize the growth distribution types,
- (iv) to establish the principal features of cell arrangement patterns which correspond to the various growth types,
- (v) to state the principles for the classification of cell patterns in connection with the modes of apex growth.

The present considerations are concerned with those theoretically possible modes of growth of the convex apex which condition the shape and size stability of the apex. In these cases the growing apex changes neither its shape nor size. The whole increase in bulk is, so to speak, passed on to the building of the organ terminated by the apex.

In root apices it is evident that the shape does not change, but in shoots doubts may arise. It is a well known fact that the shape of the shoot apex changes with time and together with the successive plastochrone stages. This change of shape consists in successive initiations of leaf primordia, but refers only to small side areas on the apex and, in a sense, the growth process which conditions the „stability“ of the apex may be separated from the external and additional processes of leaf formation.

¹ The expression "growth gradient" is to be understood as a progressive change in growth rate of the "smallest elements" along an axis. The expression "gradient" is explained by Pr a t, 1945.

The growth process which conditions the "stability" of the apex in the case of shoot apices is concealed by the additional process of leaf formation. Nevertheless it is the same basic growth process both in shoot and in root apices.

There is also an ontogenetic change in shape and size of the apex, but in most cases this change may be assumed to be so slow that, for the period during which the cell arrangement in question is being formed, it may be neglected.

It has been said previously that all theoretically possible modes of growth which condition the shape stability in the growth of a convex apex are to be discussed here. It will be for future investigations based on experimental methods to decide which of these possible growth manners are to be found in natural conditions.

All the present considerations refer to the relations and condition on the axial plane and this is in accordance with the traditional investigations on the apex.

GROWTH OF THE APEX

Although the growth of the apex is a growth in volume it may be regarded in terms of linear growth.

The growth in length which takes place in the axial plane of the apex, whatever its direction, can be resolved into two components of which one is the longitudinal growth, i. e. parallel to the axis, and the other transversal growth, i. e. at right angle to the axis. These directions are strictly oriented in space and are better suited for describing the growth than the anticlinal and periclinal directions. Longitudinal growth is here defined as elongation.

The axis of the apex is denoted by the x -axis, the origin of which corresponds to the tip. The distance from the apex surface to the x -axis is denoted by h and may be expressed as the function of x , then $h=f(x)$. As a result of elongation the points lying on the axis are displaced away from the tip. The increment of the distance between point x and the tip during some time interval is the rate of displacement of point x and is denoted as r_x (Goodwin and Stepka 1945), consequently $r_x=dx/dt$. To the displacement of a given point x corresponds an increment in the distance from the point x , which lies on the axis, to the apex surface, this is denoted by r_h and $r_h=dh/dt$. For various points the value of r_x is different. It can then be said that r_x is a function of x and $r_x=G(x)$. The function $G(x)$ and better still its derivative, characterize the gradient of longitudinal growth. This is illustrated by Fig. 2 which represents the

elongation gradient of the *Phleum pratense* root, reproduced after Goodwin and Stepka (1945).

The definition "the distance increment of a point" must be distinguished from the growth at the point itself, because the distance increment

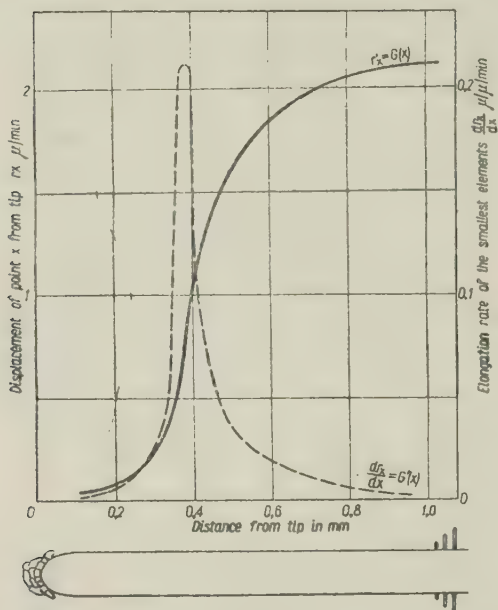


Fig. 2. Elongation of *Phleum pratense* root (after Goodwin and Stepka 1945).

of point x from the tip during some time interval, that is r_x , is the sum of growth which takes place during this time interval at the various points between x and the tip. The growth at the point is only one of the elements which compose the sum of growth.

First of all, the relationship must be established between the longitudinal and transversal growth in conditions in which the shape of the apex remains unchanged.

From the assumption of uniform shape it follows that the basic growth must develop so as not to change the shape of the apex.

Let us assume that the growth affects the region ABCD of the apex shown in Fig. 3 (for the sake of simplicity only a longitudinal half of the apex is represented), and let us assume further that in this region an elongation has taken place, the level CD is then displaced in respect to the tip. If no transversal growth takes place $C'D' = CD$. Consequently, the shape of the apex changes. To counteract this change in shape of the apex the longitudinal growth must be accompanied by transversal growth. The line CD in Fig. 3 must attain the length $C'D'$. The displacement of CD corresponds to r_x . The growth along the line CD ($C'D'$ minus CD) corresponds to r_h . To establish the mutual relation of r_x and r_h for a given apex shape the following relations must be examined (Fig. 4):

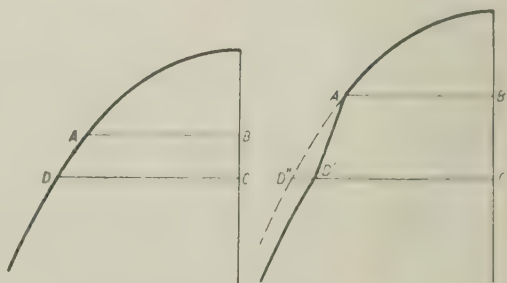


Fig. 3. For details see text.

$$h = f(x); \quad r_x = \frac{dx}{dt}; \quad r_h = \frac{dh}{dt}; \quad \text{hence} \quad \frac{r_h}{r_x} = \frac{\frac{dh}{dt}}{\frac{dx}{dt}} = \frac{dh}{dx} = f'(x);$$

hence $\frac{r_h}{r_x} = f'(x)$; equation I.

From this equation it follows that to the sum of the longitudinal growth of the smallest elements lying on the apical axis between the tip and the point x corresponds at the level x the sum of transversal growth of the smallest elements lying between the point x and the surface. This latter sum is defined by the tangent of the angle formed by a line tangent to the apex surface at the level of point x .

By transforming the equation I the following equations are obtained: $r_h = r_x f'(x) = G(x) f'(x)$. The curve corresponding to this function characterizes the change in the transversal growth rate at the various levels of the apex and will be here defined as the transversal growth gradient parallel to the axis.

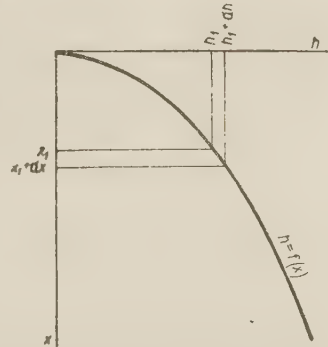


Fig. 4. For details see text.

Next must be discussed the differences which may appear in the growth of apices with similar shapes.

The longitudinal growth gradients of the smallest elements lying on the axis may differ. To these various gradients correspond of course various transversal growth gradients parallel to the axis, which is in agreement with the equation $r_h = G(x) f'(x)$, where, as it has already been mentioned, the function $G(x)$ represents the longitudinal growth gradient.

Similarly, the distribution of transversal growth on one level may vary within the limits of the value $r_h = r_x f'(x)$ — the various, perpendicular to the axis growth gradients of the smallest elements. The growth taking place between the axis and the surface may consist in growth uniformly distributed along the axis or in growth not uniform, concentrated at some one spot.

Further differences become apparent when the elongation between the various points of a transverse section and the tip level are compared.

There are two possibilities in the mutual displacement, in respect to the zero level, of points from a transverse section, i. e. of points lying on a plane perpendicular to the axis (the distance from these points and the zero level is measured along the perpendiculars to the zero level):

- (i) the points of the transverse section may move away from the zero level at a uniform rate, or
- (ii) the points of the transverse section may move away from the zero level at various rates.

In the former case after the displacement takes place the mutual position of the points from the transverse section will not change and the points will still lie on one transverse section, in the latter after the displacement the points will no longer lie on the same transverse section.

The displacement of a point depends on the elongation between the point and the tip level. It follows that in the first case the elongation is the same for all the points from one transverse section. On the other hand, in the second case the elongation may be either greater or smaller on the periphery than at the centre (at the apex axis) of the section.

To establish the changes in the mutual positions of points which take place in the course of growth the expression "growth line" (the „Zuwachslinien“ of Reinke 1880, Schüpp 1917, 1926) may here be introduced. The growth lines are here defined as the lines which connect the same freely chosen points displaced by growth.

Thus starting with points lying on one transverse section the final arrangement will consist: in the first case of growth lines parallel in respect to each other and transversal in respect to the axis, and in the second case of curved growth lines. The differentiation of elongations at various points on the transverse section is not optional. It can easily be noticed that the total elongation which takes place between the various points on the base of the apex and the zero level (reckoned along lines parallel to the axis) is the same for all the points, and only when the apex bends this is not the case. The case when all the points of a transverse section move with same rate away from the zero level, i. e. the type with parallel transversal growth lines, is a particular instance of growth. All other instances, when the points of a transverse section are displaced in a different manner, may be regarded as deviations from this particular type and estimated by the value of this deviation. In the present work the growth type with parallel growth lines will be taken as a standard. At the same time the growth type of this kind is the simplest to describe, because the displacement of all the points from the transverse section can be represented with one function only.

The preceding considerations refer to the behaviour of points resulting from their presence in the growth field. The differentiation or uniformity in the displacement of the points in respect to the zero level is considered to be a characteristic of the growth field.

There is, however, another source for differentiation in the displacement of the points, and this lies in the individual properties of the cell.

In this case the differentiation in the displacement of a point is connected with one particular cell and not with the position of the cell in the apex. It is for instance evident that, in the cylindrical part of the root apex, growth lines parallel to each other and transverse to the root axis should be found. However divergences from this rule are found in living cells and the points selected in the cell-wall net may part after some time, as is to be seen in Fig. 5 (Sinnott and Bloch 1939). Nevertheless this does not mean that it is erroneous to predict transversal growth lines when characterizing the growth of the apex as a whole. In such a case the displacement of the points from a transverse section is differentiated

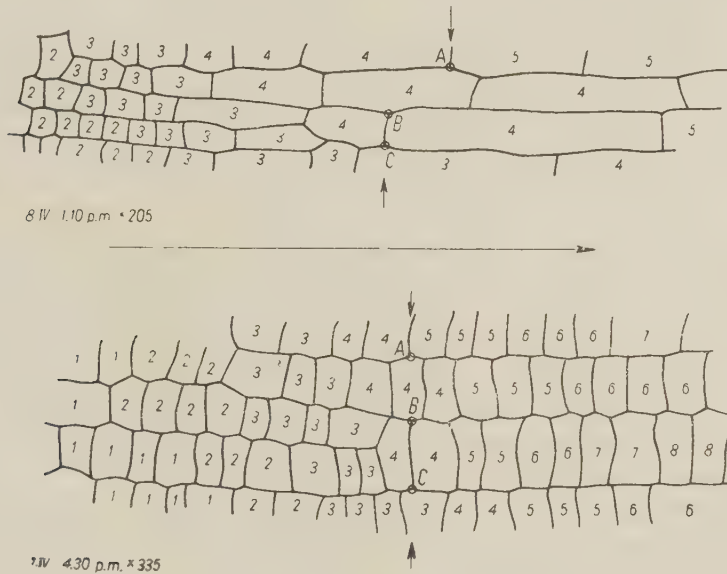


Fig. 5. Two successive stages in the development of the *Phleum pratense* root epidermis showing the mutual displacement of points A, B and C which lay previously on the straight line perpendicular to the root axis, according to Sinnott E. and Bloch R. 1939. Points A, B, C, marked by the author.

because an additional differentiation in the cell growth occurred. The differentiation caused by the individual cell properties and defined as additional growth differentiation is not within the scope of this paper.

Thus, even within the range set by the unchangeability of the apex shape various growth distributions are possible. To understand the growth distribution in the apex the aspects which must be considered are:

- (i) the elongation gradient for points lying on the axis,
- (ii) the possibility of differentiation in elongation for the various points lying on the perpendicular to the axis,

- (iii) transversal growth gradient parallel to the axis,
- (iv) transversal growth gradient perpendicular to the axis.

If there is a causal relation between the growth distribution and cell arrangement patterns, then to the differentiation occurring on one side of the relation (various cell patterns in an apex of uniform shape) must correspond a differentiation on the other side (various kinds of growth distributions). It has been shown that this condition may be fulfilled.

DELINEATION OF GROWTH DISTRIBUTION

In the preceding paragraph it has been shown that various growth distributions are possible in the apex. The question now arises how growth distribution is to be characterized? Hitherto, in studies on apical growth, and especially in works undertaken in the least ten or twenty years, the approach has been limited to specifying the directions of the highest growth rate in the different apical regions. Such an approach is manifestly insufficient in the present considerations.

Reinke (1880) and Schüpp (1926) introduced into the considerations on growth the growth lines. In Schüpp's method the growth distribution (or more exactly distribution of periclinal growth) is deduced from the distances between the neighbouring growth lines, each of the lines being by one time unit younger than the other. If in some apex region these distances increase rapidly, rapid growth in that region is to be inferred, and on the contrary, in regions where the distances do not change no growth takes place.

The method may greatly be improved by introducing an exact definition of the distance changes between the growth lines or otherwise — by defining the elongation distribution in terms of the r_x function. In this way the estimation of elongation in the apex would consist in plotting the growth lines and determining the function r_x and its derivative. The function r_x and its derivative define the elongation distribution on the apical axis, while the elongation in the other parts of the apex in respect to the elongation along the axis is defined by the growth lines.

If starting from points lying on a line perpendicular to the axis parallel growth lines are obtained, then it is to be deduced that elongation at all points of the transverse section is the same. If convex growth lines are obtained, then elongation between the tip level and the peripheral points of the transverse section is greater than the corresponding value for the points lying near or on the axis. This relation will be inversed if concave growth lines are obtained.

The plotting of the growth lines may be very difficult. The direct method for plotting these lines consists in repeated observations at successive time intervals of the relative positions in the points picked out at

the start. Such a procedure is of course extremely troublesome. Where the cycle of structural changes is again and again fully repeated during growth, e. g. in apices with solitary apical cells, an indirect method based on examination of cell patterns may be used. However in other kinds of apices structural changes are not usually repeated exactly at successive stages and it is not easy to reproduce the life history of the individual cells for plotting growth lines.

It is not surprising therefore that so little data on growth lines are available. The informations are restricted to apices of a few pteridophytes in which growth lines are indicated by the segment walls. Indeed, Schüpp generalizes this kind of growth lines to root and shoot apices in angiosperm plants, though, as more definite evidence is lacking, such a generalization seems doubtful. The kind of growth lines as given by Schüpp is only one from all possible in apices of angiosperms.

The transversal growth gradient perpendicular to the axis is represented by the displacement lines (the "Verschiebungskurven" of Schüpp 1926). Transversal growth will be considered to be uniform when the points which are being displaced (their displacement traces the displacement lines) divide the distance between the surface and the axis at a constant ratio. When the transversal growth is uniform the displacement lines together with the line tracing the apical shape form the family $kf(x)$, where $0 < k < 1$.

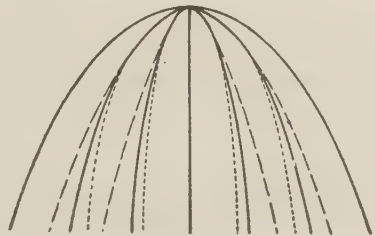


Fig. 6. Displacement lines, for details see text.

The displacement lines are shown in Fig. 6 with continuous lines indicating uniform transversal growth, dash lines indicating growth most rapid near the axis, and dotted lines growth most rapid on the periphery.

CHARACTERISTICS OF GROWTH TYPES

In the first place it must be stressed that the present paper deals only with the embryonic region in the apex and consequently all that will be said refers only to this region.

For cell patterns, as it will be demonstrated later, the consequences of elongation are of the greatest importance. Hence the growth types are classified here in respect to the elongation gradient as follows:

- (i) the apical type of elongation when the elongation rate of the smallest elements decreases simultaneously as they move away from the tip,
- (ii) the basal type of elongation when elongation rate increases together with the movement away from the tip.

In Fig. 9 the curves on the right side of the axis illustrate simple instances of elongation gradients: *A* and *B* respectively — gradients distinctly and weakly apical, *C* — basal gradient. On Fig. 9, in addition to the curves r_x and dr_x/dx which have been discussed previously, the curves corresponding to the elongation gradients are traced, in these the distance from the points of the apex to the tip is plotted against time. These curves and their function may be established when the function r_x is known.

$$r_x = \frac{dx}{dt} = G(x); \quad \text{whence} \quad t = \int \frac{dx}{G(x)} + C.$$

The curve will be very convenient for tracing the displacement of points on growth models.

Uniform elongation is to be classified as the intermediate type, then the increment per unit distance is constant everywhere:

$$r_x = ax; \quad \frac{dr_x}{dx} = a; \quad t = \frac{1}{a} \ln x + C.$$

It has been stated previously that in the apical and the basal elongation types respectively the maximum and the minimum of elongation are at the apex tip. Let us now compare the transversal growth at various levels in a convex apex relatively to elongation distribution.

First, it must be established in what manner the longitudinal growth should be distributed so that the relative transversal growth rate — i. e. the growth during some time interval per unit distance — might be the same at various levels. This condition can be stated thus: $r_{h_x}/h_x = \text{const}$ where h_x is the distance between the axis and the apex surface at the level x .

For a parabolically shaped apex where $h = \sqrt{2px}$ it is a uniform elongation. $r_h/h_x = \text{const}$; after substitution $r_h = r_x f'(x)$, $h_x = f(x)$ and $f(x) = \sqrt{2px}$ the equation obtained is $r_h h_x = r_x/2x = \text{const.}$ and this can only be when $r_x = kx$, $dr_x/dx = k$ that is when elongation is uniform.

Let us consider again the equation $r_x f'(x) h_x = \text{const.}$ In this equation the denominator increases simultaneously as the distance from the tip increases, and therefore for the quotient to remain constant the numerator must also increase. Because, as has been said, $f'(x)$ also decreases, the increase of r_x must be correspondingly rapid. When the apex is paraboloid the increment of r_x must be directly proportional to x ($r_x = kx$), which corresponds to uniform elongation. When the increment of r_x is too slow, and this takes place when elongation is of the apical type, the quotient $r_x f'(x) h_x$ decreases as the distance from the tip increases, which means that the transversal growth rate per unit distance diminishes. In this case the relative transversal growth is at a maximum at the tip. When r_x rises too

rapidly, and such is the case with the basal elongation type, the quotient $r_x f'(x)/h_x$ assumes an ever greater value and the transversal growth per unit distance is ever increasing. In that case the minimal relative transversal growth is at the tip.

These conclusions refer to paraboloid apices. A generalization may, however, be made and the conclusions may be referred to all convex apices as well as to these parts of flat and concave apices which are displaced along convex displacement lines, but only in those cases when the elongation type is markedly apical or markedly basal.

It follows that the maxima of elongation and of transversal growth are essentially coincident in the case of both elongation types. The apical elongation type is thus simultaneously the apical type of growth and similarly such is the case with the basal type. Therefore, instead of speaking of elongation types, growth types of apices may be referred to.

So far growth types have been discussed in terms of linear growth. It must be noted, however, that volumetric growth types of various apices growing according to the same linear growth type might be different and this depends upon the shape of growing mass. To the uniform elongation of a convex apex which does not thicken at the base corresponds the apical type of volumetric growth (as the distance from tip increases the growth per volume unit decreases).

GROWTH DISTRIBUTIONS AND CELL PATTERNS

The arrangements of daughter cells depend on the manner in which the mother cells grow (when the manner of cell division is known). When growth in one direction is predominant the ensuing arrangement of the daughter cell is more or less filamentous. Let us consider the relation between growth in the apex in directions perpendicular to each other, longitudinal and transversal.

Transversal growth at a certain level in the apex depends upon elongation between that level and the tip, and on the angle formed at the level by the tangent to the surface and the apical axis which follows from equation I (page 8).

A similar relation was formulated in 1863 by Nageli and Leitgeb: "Es hängt dies (das Breitenwachstum) mit der Gestalt des Kegels und mit der Verteilung des Längenwachstums zusammen". Nevertheless, these authors did not understand correctly the relation between transversal and longitudinal growth, as is shown by the following quotation: "Wenn das letztere (das Längenwachstum) überall gleich gross wäre, so würde das Breitenwachstum lediglich eine Funktion des Neigungswinkels sein, den die Oberfläche mit der Achse bildet". The statement just quoted is not correct, because when elongation is uniform — i. e. when according to

definitions here used $dr_x/dx = a$; $r_x = ax$; then $r_h = r_x f'(x) = ax f'(x)$ — then transversal growth is not only a function of the angle formed by the tangent but also of the distance from the tip. It must be stressed that the transversal growth at a certain region depends not on the elongation which takes place within the region, but on elongation which takes place in between the region and the tip. A region may grow transversally even when it does not elongate but is moved away from the tip by growth occurring in the parts on the apical side of the region.

In the apical type of elongation the apex grows out in that part in which the elongation is accompanied by a strong transversal growth. On the other hand, in the basal type the apex grows out in the part where the elongation is connected with a weak transversal growth (except in the case when the apex thickens at the base).

In the preceding paragraph it has been assessed that in the apical type the relative transversal growth rate diminishes simultaneously with the displacement away from the tip (a convex apex not thickening at the base is being considered), while in the basal type the relative transversal growth rate is highest at some distance from the tip. Let the breadth of the cell — i. e. as measured in the direction perpendicular to the apical axis — be a unit of length. Further, if the size of the cell which is to divide is constant, then, because the frequency of longitudinal cell division is directly proportional to the relative transversal growth rate, longitudinal partition walls will be most frequent at and near the tip when the growth type is apical in a convex apex, and at some distance from the tip when the growth type is basal. When the growth type is apical such splits in the eventual filamentous series of cells will run from the tip and when it is basal from the base.

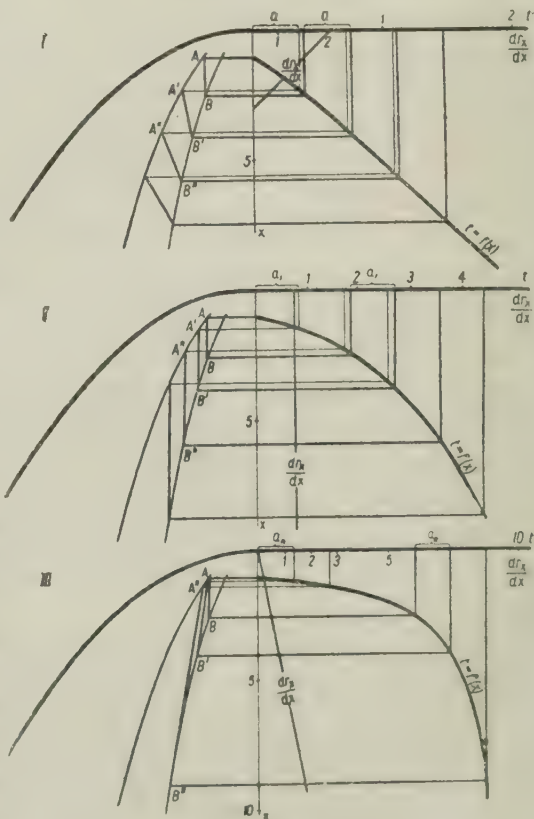


Fig. 7. Aspect and position of segment AB in the models of growing apices at successive time intervals corresponding to various elongation gradients.

The possibilities of growth of the longitudinal cell walls in the different growth types are shown by the diagrams in Fig. 7 which illustrate the behaviour of longitudinal segments in a growing paraboloid apices.

The three diagrams in the Fig. 7 represent respectively apical, uniform, and basal elongation types. In all the cases transversal growth is uniform and the points of a segment are displaced along displacement lines from the family $kf(x)$.

The longitudinal growth gradients are represented in all the diagrams by the line dr_x/dx traced with the light line on the right of the axis. The displacement magnitude of the points is estimated from the curve $t = p(x)$ and the manner to do it is to shift at one stage all the points of a segment along the displacement lines through the same distance corresponding to the time interval a . This is illustrated by the construction of the distance increment lines and of time interval lines — the light straight lines in the diagrams. During the first time interval the point A is displaced to A', during the second interval to A'' and so on. Point B is displaced similarly.

In the diagram I representing the apical growth type the segment AB elongates little, while on the other hand it is markedly moved away from the tip. Simultaneously the segment slants away from the axis. For the sake of simplicity the two moving points A and B are joined with a straight line, but if the true positions of the points lying between A and B were plotted, it would appear that the segment AB, straight at first, bends gradually. In diagram I it would curve towards the axis.

When elongation is uniform the segment AB elongates in the same degree as it is displaced away from the tip, at the same time the segment remains parallel to the axis.

In diagram III representing the basal growth type the segment AB grows considerably, but is moved away from the tip only slightly.

Let it be assumed that in Fig. 7 the segment AB represents a cell wall. In the different growth types the cell wall will elongate in different manner:

- (i) in the apical type the longitudinal walls grow only a little and are strongly displaced away from the tip,
- (ii) in the basal type their elongation is considerable, but the displacement away from the tip is slight.

Let us now examine what is the behaviour of the cell at the tip and of the daughter cells in the different growth types. The question then arises in what manner does the grown cell divide? Let us assume a division which conforms best to the requirements thus defined:

the new wall must be at right angles to an already existing wall and perpendicular to the direction of the strongest growth (the direction

of the strongest growth runs along the resultant of longitudinal and transversal growths).

In Figs. 8 and 9 may be seen diagrams representing the successive stages in the growth of the cell at the tip for various elongation gradients (in the type of transversally arranged growth lines).

The diagrams in row A represent a markedly apical type. Almost all the elongation of the apex takes place in the tip itself. The transversal

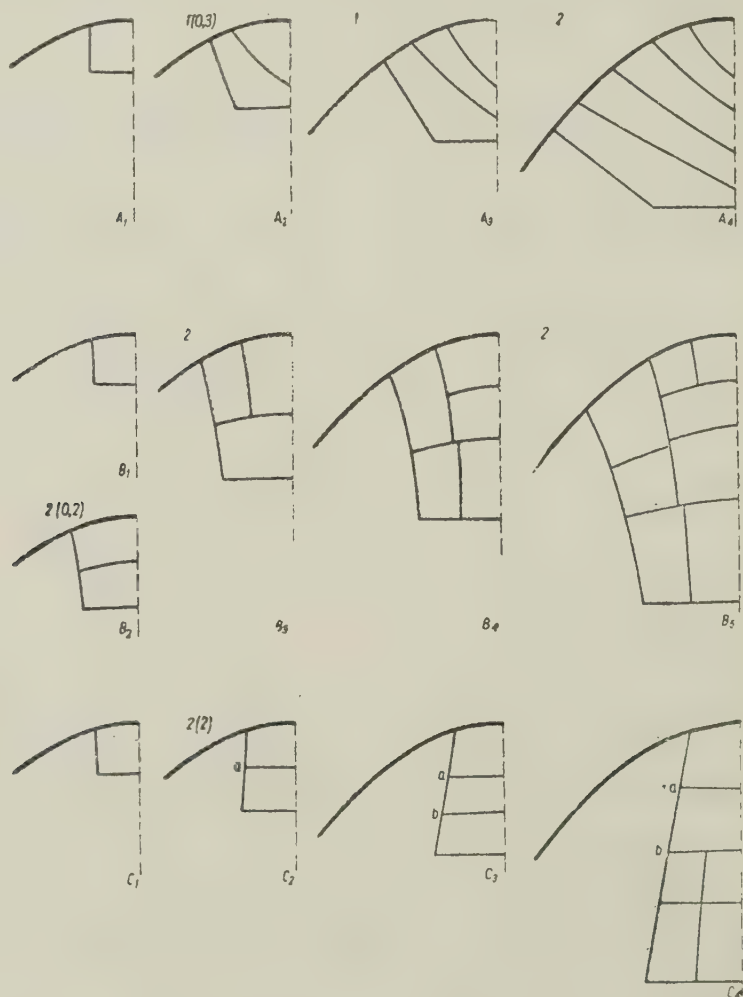


Fig. 8. Diagrammatic representation of cell behaviour corresponding to various elongation gradients in the apex. Top row A corresponds to strongly apical growth ($dr_x/dx = 3 - x$ when $x \leq 3$ and $dr_x/dx = 0$ when $x > 3$); the middle row corresponds to not too pronounced apical growth ($dr_x/dx = 3 - 1x/4$); bottom row C corresponds to basal growth ($dr_x/dx = 1/5x$). The numbers in between the diagrams in one row indicate the relative number of time units which passed between stages represented.

growth in the tip is fairly strong. Consequently the resultant strongest growth line slants rapidly away from the axis. The segments which are pushed away from the tip enter the region where elongation is small and the resultant cell pattern may be described as segmental (Fig. 9 diagram A₅).

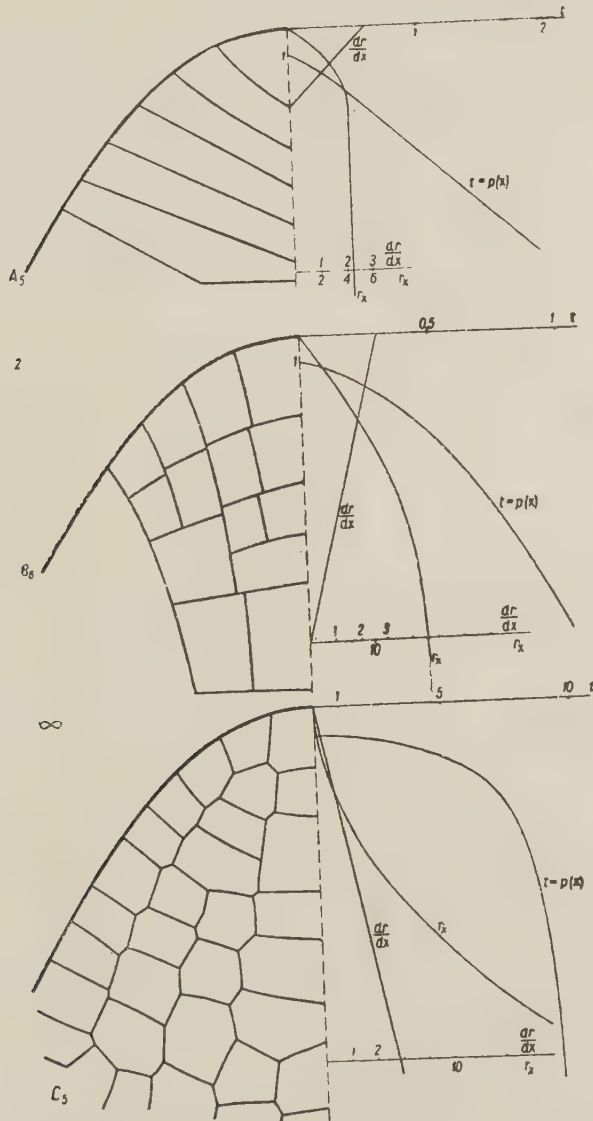


Fig. 9. Continued from Fig. 8. The numbers in brackets on Fig. 8 between the first two diagrams in each row represent the time in units accepted for the t -axis. The t -axis and the curves representing the elongation gradient are on the right in the diagrams A₅, B₅, and C₅. In diagram C₅ the local changes in the cell wall pattern have been accounted for.

If the cell at the tip divided in a different manner, the pattern of the daughter cells would be affected. Less regular divisions would cause less regular cell patterns. Anyway, when the growth is markedly apical there are no conditions for the formation of filamentous cell series. None of the growth directions is predominant in no part of the apex. It is as if the cells at the tip were building up the apex.

When the apical growth type is not very pronounced (diagrams in row B) elongation becomes somewhat predominant and as a result elongated cell groups of common origin are formed in which the split runs from the tip.

Finally in the basal growth type (diagrams in row C) elongation dominates the transversal growth, and consequently cell filaments running along the displacement lines are clearly formed and the splitting starts at the base. In this case it is as if the apex were being developed by cells situated at some distance from the tip.

From the considerations on cell growth in the apex it appears that:

- (i) the more strongly pronounced is the apical growth type, the smaller is the possibility for the formation of filamentous cell series,
- (ii) the more strongly pronounced is the basal growth type, the more distinct are the cell filaments converging in the initial group at the tip and diverging at the base.

Hitherto the various kinds of elongation distribution have been discussed on the assumption that the transversal growth is uniform, though the final conclusions are valid regardless of the transversal growth distribution. However, usually in the apices of higher plants the transversal growth is differentiated. Such a state has its biological reflection in the more frequent periclinal divisions in some parts of the transverse section which is plainly visible on slides. It is not difficult to realize the effect on cell patterns resulting from the transversal growth not being uniform. When constructing growth patterns the points must be displaced along lines modified accordingly.

For some given growth distribution, manner of cell division, and unchanging apex shape a specific cell pattern becomes stabilized after some time. The factors mentioned and the cell pattern are then in equilibrium. Any other cell pattern must change until it attains the form characteristic for the balanced pattern.

When a balanced pattern is observed, growth distribution in the apex may be deduced from the characteristic features of the cell arrangement.

On the basis of present deliberations a continuity may be expected in cell arrangement differentiation corresponding to the theoretically possible continuity in the different modes of growth. To two slightly dif-

ferent modes of growth two slightly different cell arrangement patterns should correspond. To numerous and varied modes of growth greatly diversified cell patterns should correspond.

The continuous differentiation which is theoretically possible in the modes of growth forms a sequence of growth modes ranging from the strongly apical to eminently basal. In other words, the modes of growth form an *ordered set*. To each element in this set a corresponding element from a set of cell patterns is attached. A knowledge of the natural order in the set of the modes of growth makes it possible to foresee the place that some cell pattern will occupy in a corresponding set of cell patterns. For example, the diagrams representing cell patterns from Fig. 9 should be listed in the following order: segmental pattern, filamentous cell series running from the tip, and filamentous cell series with splits running from the base. It follows that the segmental pattern is more closely related to the filamentous cell series in which the cell filaments split from the tip than to the pattern in which the cell filaments split from the base. Another conclusion is that in the phylogenetic chain joining the apices of pteridophytes with angiospermous apices one of the links ought to be formed by apices similar to those represented by diagram B₆ in Fig. 9.

SUMMARY

The paper deals with the growth of the apex as a whole and with the influence the growth has on patterns of cell arrangements.

The objects aimed at in the paper are:

- (i) to establish a relation between the growth rates in the different directions, and to define the possibilities for growth differentiation in an apex of a constant shape and size,
- (ii) to give a graphical method for illustrating the distribution of growth,
- (iii) to distinguish and characterize the growth distribution types,
- (iv) to establish the principal features of cell arrangement patterns corresponding to the various growth types,
- (y) to state the principles for the classification of cell patterns in relation to the modes of apex growth.

The conclusions reached are summarized as follows:

1. The relation between the elongation rate and the transversal growth rate is given by the equation $r_h r_x = f'(x)$, where $r_x = dx/dt$ represents the elongation rate between the point x lying on the axis and the tip, $r_h = dh/dt$ represents the transversal growth rate between the point x and the surface of the apex, and $h = f(x)$ is a function describing the apical shape (Fig. 4).

2. The growth variations appearing in apices of the same shape may be listed as follows:

- a — differences in the elongation rate gradient of the smallest elements lying on the apical axis,
- b — differences in elongation between the various points of a transversal section and the tip level; as a result the points of the transversal section move away from the tip level at various rates, or at a uniform rate in one particular case,
- c — differences in the transversal growth rate gradient parallel to the apical axis. The gradient of transversal growth rate parallel to the axis depends on the elongation rate gradient according to the equation $r_h = r_x f'(x)$,
- d — differences in the transversal growth rate gradient of the smallest elements lying on the perpendicular to the apical axis.

3. The elongation distribution on the apical axis is defined by the function $r_x = G(x)$ and its derivative $dr_x/dx = G'(x)$ (see Fig. 2). Elongation rate in other parts of the apex in respect to the elongation rate along the apical axis is defined by the growth lines (Zuwachslinien).

The transversal growth rate gradient parallel to the axis may be plotted from the apical shape and the curve of the function $r_x = G(x)$.

The transversal growth rate gradient perpendicular to the axis is characterized by the displacement lines (Verschiebungskurven, Schüpp 1926). As uniform is considered that kind of transversal growth in which the points in their displacement divide at a constant ratio the distance between the axis and the surface. In Fig. 6 are shown the displacement lines when transversal growth is uniform — heavy black lines, when growth near the axis is strongest — dashed lines, and when growth is strongest in the peripheral parts — dotted lines.

4. Two elongation types are distinguished: the apical type, when the elongation rate of the smallest elements decreases as the distance from the tip increases, and the basal type when the elongation rate of the smallest elements increases as the distance from the tip increases. In the intermediate type the elongation is uniform. In Fig. 9 on the right of the apical axis these growth types are characterized with simplest examples of curves representing the functions: $r_x = G(x)$, $dr_x/dt = G'(x)$ and $t = p(x)$; the last of these functions is obtained from a transformation of the function $r_x = dx/dt = G(x)$ and hence $dt = dx/G(x)$.

In strongly apical elongation types the greatest relative transversal growth r_h/h is at the tip. In distinctly basal growth types it lies at some

distance away from the tip. (In both cases the maxima of transversal growth rate are given for apices not thickening at the base). As the maxima of elongation and of transversal growth coincide the apical elongation type is also the apical growth type in general. Such is also the case with the basal type.

The distinguished growth types pertain only to the embryonic region in the apex regardless of what takes place in the region of active elongation.

5. The possibilities of longitudinal cell wall growth in the different growth types are shown by the diagrams in Fig. 7. The diagrams show what changes take place in a longitudinal segment during the growth of the apex; the diagrams I—III show respectively the changes that take place in the case of apical, uniform and basal types of growth. The displacement of the points of the segment along displacement lines is governed by the curve $t = p(x)$. All the points of a segment are shifted simultaneously at each stage by the same time interval „a“ on the t -axis. When the diagrams are compared it appears that in the various growth types there are different possibilities for cell wall elongation. In the apical type the cell wall elongation is small, but the walls are strongly displaced from the tip. On the other hand, in the basal type, cell walls elongate strongly and are pushed away from the tip only slightly.

6. From considerations on the relation between growth types and cell patterns it appears that the more pronounced is the apical mode of growth the less likely is the formation of filamentous cell series, while the more basal the mode of growth the more distinctly are the filaments converging towards the initial tip group and diverging at the base.

7. The classification of cell arrangement patterns is to be based on an *a priori* ordered set of modes of growth.

This investigation was carried out at the Department of Plant Anatomy and Cytology of the University in Wrocław. The author wishes to express his most sincere gratitude to Professor Henryk Teleżyński for his kind and considerate guidance in the course of this work. The author is also most grateful to Professor J. Perkal for his valuable advice in the treatment of the mathematical aspect of the paper.

Botanical Institute
B. Bierut University
in Wrocław

(Entered 15.I.1955)

STRESZCZENIE

Praca niniejsza obejmuje teoretyczne rozważania nad wzrostem wierzchołka i jego wpływem na układ komórek.

Schemat zależności między wzrostem wierzchołka a układem komórek przedstawia się następująco:

Układ komórek merystematycznych na wierzchołku zależy od sposobu dzielenia się i sposobu wzrostu tych komórek. Ponieważ jednak sposób podziału komórki jest funkcją jej wzrostu, a wzrost komórki podporządkowany jest wzrostowi wierzchołka jako całości, w rezultacie układ komórek na wierzchołku zależy od sposobu wzrostu wierzchołka.

Znajomość tej złożonej zależności jest znikoma, większość bowiem prac zajmujących się przyczynami danego układu komórek zatrzymała się na pierwszym jej stopniu. Prace te określono jako prace o ujęciu atomistycznym w przeciwstawieniu do prac o ujęciu całościowym, w których punktem wyjścia jest wierzchołek jako całość i które uwzględniają obydwie stopnie wymienionej zależności.

Praca niniejsza stosuje ujęcie całościowe.

Rozważając wzrost wierzchołka jako całości i wzrost komórek jako części składowych wzięto pod uwagę:

- a) stałość kształtu i rozmiarów rosnącego wierzchołka,
- b) kompensacyjny charakter różnicy we wzroście części składowych wierzchołka,
- c) rozmieszczenie wzrostu na wierzchołku, które daje się scharakteryzować w przestrzeni jako pole wzrostu, a wzdłuż pewnej osi jako gradient wzrostu.

Wymienione właściwości determinują wzrost części składowych wierzchołka.

Praca stawia sobie następujące zadania:

1. ustalić powiązania między szybkością wzrostu w różnych kierunkach i możliwości zróżnicowania wzrostu na wierzchołku, który nie zmienia swego kształtu ani rozmiarów;

2. podać sposób opisywania rozmieszczenia wzrostu;

3. przeprowadzić podział sposobów wzrostu na typy wzrostu i podać ich charakterystykę;

4. ustalić zasadnicze cechy układów komórkowych, odpowiadających różnym typom wzrostu;

5. podać zasadę porządkowania układów komórkowych w oparciu o sposób wzrostu wierzchołka.

Uzyskano następujące wyniki:

1. Opisano zależność między szybkością wzrostu podłużnego i szybkością wzrostu poprzecznego za pomocą równania: $r_h/r_x = f'(x)$; przy czym $r_x = dx/dt$ — szybkość wzrostu podłużnego między punktem x leżącym na osi wierzchołka a szczytem; $r_h = dh/dt$ — szybkość wzrostu poprzecznego między punktem x a powierzchnią wierzchołka; $h = f(x)$ — funkcja opisująca kształt wierzchołka (rys. 4).

2. Ustalono, że możliwe są następujące zróżnicowania wzrostu wierzchołka:

- a) różne gradienty szybkości wzrostu podłużnego najmniejszych odcinków leżących na osi wierzchołka;
- b) zróżnicowanie wzrostu podłużnego między różnymi punktami przekroju poprzecznego a poziomem szczytowym (w rezultacie punkty przekroju poprzecznego oddalają się od poziomu szczytowego z różną szybkością albo w szczególnym przypadku z szybkością jednakową);
- c) różne gradienty szybkości wzrostu poprzecznego — r_h , równoległe do osi. Gradient szybkości wzrostu poprzecznego równoległy do osi uzależniony jest od gradientu szybkości wzrostu podłużnego zgodnie z równaniem $r_h = r_x f'(x)$;
- d) różne gradienty szybkości wzrostu poprzecznego najmniejszych odcinków, leżących na prostopadłej do osi wierzchołka.

3. Podano sposób opisu rozmieszczenia wzrostu na wierzchołku. Gradient wzrostu podłużnego dla punktów osi charakteryzuje funkcja $r_x = G(x)$, a jeszcze lepiej jej pochodna $dr_x/dx = G'(x)$. Dla przykładu podano charakterystykę gradientu wydłużania korzenia *Phleum* wg G o o d w i n a i S t e p k i (1945) na rys. 2.

Wzrost podłużny dla różnych punktów przekroju poprzecznego w porównaniu ze wzrostem dla punktu leżącego na osi charakteryzują linie przyrostów (Zuwachslinien — S h ü p p 1926).

W szczególnym przypadku, gdy punkty przekroju poprzecznego odsuwają się od poziomu szczytowego z jednakową szybkością, linie przyrostów są równoległe do siebie i prostopadłe do osi.

Gradient szybkości wzrostu poprzecznego równoległy do osi można wyznaczyć na podstawie kształtu wierzchołka i krzywej odpowiadającej funkcji $r_x = G(x)$.

Gradient wzrostu poprzecznego prostopadły do osi charakteryzują linie przesunięć (Verschiebungskurven — S c h ü p p 1926). Za równomierny wzrost poprzeczny przyjęto uważać taki wzrost, w którym przesuwające się punkty dzielą odległości między osią a powierzchnią stale w tym samym stosunku. Na rys. 6 przedstawiono linie przesunięć przy równomiernym wzroście poprzecznym — linie ciągłe, przy silniej-

szym wzroście części przyosiowej — linie kreskowane, przy silniejszym wzroście części peryferycznej — linie kropkowane.

4. Wyróżniono dwa typy wydłużania: apikalny typ wydłużania, gdy tempo wydłużania najmniejszych odcinków zmniejsza się w miarę oddalania od szczytu i bazalny typ wydłużania, gdy tempo wydłużania najmniejszych odcinków wzrasta w miarę oddalania się od szczytu. Pośredni typ wydłużania to wydłużanie równomierne. Charakterystykę tych typów (najprostsze przykłady) za pomocą krzywych odpowiadających funkcjom: $r_x = G(x) dr_x dx = G'(x)$, i $t = p(x)$ (ta ostatnia funkcja wyznaczona z przekształcenia funkcji $r_x = dx/dt = G(x)$, stąd $dt = dx/G(x)$) podaje rys. 9 po prawej stronie osi wierzchołka. Schemat A_5 przedstawia silnie apikalny typ, B_6 słabo apikalny typ, C_5 bazalny typ wydłużania.

W silnie apikalnym typie wydłużania najsilniejszy względny wzrost poprzeczny r_h/h występuje na szczycie. W silnie bazalnym typie wydłużania — w pewnej odległości od szczytu. (W obydwu wypadkach maksimum szybkości względnego wzrostu poprzecznego podano dla wierzchołków nie rozszerzających się u podstawy). Ponieważ maksima wzrostu podłużnego i wzrostu poprzecznego pokrywają się, zatem apikalny typ wydłużania to apikalny typ wzrostu w ogóle. Podobnie w wypadku typu bazalnego. Wyróżnione typy dotyczą wzrostu strefy embrionalnej wierzchołka bez wglądu w to, co się dzieje w strefie wydłużania.

5. Możliwości wzrostu podłużnego ścian komórkowych na wierzchołku w różnych typach wzrostu przedstawiono na schematach rys. 7. Schematy te pokazują zmiany, jakim ulega podłużny odcinek w czasie wzrostu wierzchołka: w apikalnym typie wzrostu — schemat I, przy równomiernym wzroście — schemat II, i w bazalnym typie wzrostu — schemat III. Punkty odcinka przesuwano wzdłuż linii przesunięć na podstawie krzywej $t = p(x)$. Wszystkie punkty odcinka przesuwano w tym samym etapie o taki sam przyrost czasu „a” na osi t . Z porównania schematów wynika, że w różnych typach wzrostu istnieją różne możliwości wzrostu podłużnego ściany komórkowej. W apikalnym typie ściany wydłużają się słabo, ale są silnie odpychane od szczytu. W bazalnym typie wydłużają się silnie, a odpychane są słabo.

6. Omówiono zależności, jakie istnieją między danym typem rozmieszczenia wzrostu na wierzchołku a układem komórek stwierdzając, że im bardziej apikalny typ wzrostu, tym słabiej jest zaznaczony słupowy układ komórek, a im bardziej bazalny typ wzrostu, tym wyraźniejsze są słupy zbieżne ku szczytowej grupie inicjalnej i ulegające rozszczepianiu od podstawy.

7. Przedstawiono wykształcanie się układu komórek w danym typie wzrostu na schematach wzrostowych na rys. 8 i rys. 9. Przy konstruowaniu schematów przyjęto, że nowa ściana, powstająca w czasie podziału komórki, spełnia postulat prostopadłego ustawienia względem kierunku najsilniejszego wzrostu i mniej więcej prostopadłego ustawienia względem ściany już istniejącej. Szereg A odpowiada silnie apikalnemu, szereg B słabo apikalnemu i szereg C bazalnemu typowi wzrostu. We wszystkich wypadkach założono równomierny wzrost poprzeczny i jednakową szybkość odsuwania się punktów przekroju poprzecznego od poziomu szczytowego.

8. Omówiono sprawę porządkowania zbioru układów komórkowych w oparciu o *a priori* uporządkowany, metryczny zbiór sposobów wzrostu wierzchołka, dochodząc do wniosku, że układ segmentowy, występujący na wierzchołkach wielu paprotników, bliższy jest układowi, w którym słupy komórek ulegają rozszczepianiu od szczytu, niż układowi, w którym słupy ulegają rozszczepianiu od podstawy.

Pracę niniejszą wykonałem w Zakładzie Anatomii i Cytologii Roślin Uniwersytetu Wrocławskiego pod kierunkiem prof. dra Henryka Teleżyńskiego, któremu pragnę gorąco podziękować za cenne rady i pomoc w czasie jej pisania. Pragnę również wyrazić wdzięczność prof. drowi J. Perkalowi za cenne uwagi dotyczące ujęcia matematycznego.

Instytut Botaniczny
Uniwersytetu Wrocławskiego im. B. Bieruta
we Wrocławiu

L I T E R A T U R E

- B e r t h o l d G., 1886, Studien über Protoplasmamechanik Leipzig, A. Felix.
- G o o d w i n R. and S t e p k a W., 1945. Growth and differentiation in the root tip of *Phleum pratense*. Amer. Jour. Bot. 32, 36—46.
- H o f m e i s t e r W., 1867. Die Lehre von der Pflanzenzelle Leipzig, W. Engelmann.
- N ä g e l i C. und L e i t g e b H., 1863. Entstehung und Wachstum der Wurzeln. Beiträge z. wiss. Bot., Heft 4, 73—152.
- N e e d h a m J., 1950. Biochemistry and morphogenesis. Cambridge University Press.
- P r a t H., 1945. Les gradients histo-physiologiques et l'organogenèse végétale. Université de Montréal.
- R e i n k e J., 1880. Lehrbuch der allgemeinen Botanik mit Einschluss der Pflanzenphysiologie. Berlin.
- S a c h s J., 1878. Ueber die Anordnung der Zellen in jüngsten Pflanzenteilen. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, II 46—104.
- S a c h s J., 1879. Ueber Zelleanordnung und Wachstum. Arb. d. bot. Inst. in Würzburg, II Heft 2 185—208.

- S i n n o t t E. and B l o c h R., 1939. Changes in intercellular relationships during the growth and differentiation of living plant tissues. *Amer. Jour. Bot.*, 26, 625—634.
- S c h ü p p O., 1917. Untersuchungen über Wachstum und Formwechsel von Vegetationspunkten. „*Jahr. f. wiss. Bot.*“, 57, 17—79.
- S c h ü p p O., 1926. Meristeme. Linsbauer's Handbuch der Pflanzenanatomie, Band IV. Berlin, Borntraeger.
- T h o m p s o n D. A. W., 1917. On growth and form. Cambridge 1952.

O barwnikach ziarn pyłkowych

The pigments of pollen grains

K. LUBLINER-MIANOWSKA

Barwa pyłku wywołana jest obecnością barwników, wysycających błonę komórkową. Najczęściej, jak wiadomo, spotyka się pyłek barwy żółtej, różnych odcieni. Rzadszy jest pyłek biały, szary, niebieski, zielonawy, czerwony, rdzawy lub brunatny. Ciemniej i jaskrawiej zabarwiony pyłek wykazuje dużą zmienność natężenia i odcieni barw nawet w granicach jednego gatunku. Przykładem może posłużyć *Papaver rhoeas*, u którego poszczególne osobniki mają pyłek różnych barw: od brunatnożółtej do szmaragdowozielonej, poprzez wszelkie odcienie barw żółto-, szaro-, i oliwkowozielonych. Barwniki zawarte w pyłku należą do różnych grup związków chemicznych. Są to mianowicie karotenoidy, antocjany lub antoksantyny, czyli pochodne flawonu. Spośród tych grup najlepiej poznane jest występowanie karotenoidów w pyłku. Najdawniejsza o tym wzmianka pochodzi z r. 1892, kiedy **B e r t r a n d** i **P o i r a u l t** znaleźli karotenoidy w pyłku *Verbascum thapsiforme*. W tym czasie struktura chemiczna karotenoidów nie była jeszcze poznana. Z kolei w r. 1925 **D u c l o u x** wykrył barwnik karotenoidowy w pyłku *Lilium tigrinum*, a w 1938 **G u g e l m a n** znalazł w pyłku *Dahlia* najprostszy związek z szeregu karotenoidów — likopen. Dalsze poszukiwania karotenoidów w pyłku roślin zawdzięczamy głównie uczniom i współpracownikom **K a r r e r a** (**K a r r e r** u. **O s w a l d** 1935, **K a r r e r**, **E u g s t e r** u. **F a u s t** 1950, **K a r r e r** u. **L e u m a n n** 1951, **T a p p i** u. **K a r r e r** 1949, **T a p p i** 1951), w związku z jego badaniami nad strukturą chemiczną tej grupy związków. Poza tym wzmianki o występowaniu karotenoidów w pyłku znajdujemy w pracach **E u l e r a** (**E u l e r**, **A h l s t r ö m**, **H ö g b e r g**, **P e t e r s s o n** 1944, **E u l e r**, **H e l l e r**, **H ö g b e r g** 1948, **E u l e r** u. **K l u s s m a n n** 1932) oraz w pracach kilku uczonych radzieckich (**L e b i e d i e w** 1948, **Ż u k o w s k i** i **M i e d w i e d i e w** 1949). Ogółem karotenoidy znaleziono dotąd w pyłku 37 gatunków roślin, z czego w pięciu gatunkach notowane są tylko w śladach. Wyniki te zestawione są w podanej tabeli 1.

T a b e l a 1

Występowanie karotenoidów w pyłku
(The presence of carotenoids in pollen)

Lp.	Nazwa rośliny The name of plant	Obecność Presence	Ślady Traces	Autor	Rok ogłoszenia Year of publication
1.	<i>Acacia dealbata</i>	+		Mamelli a. Caretta	1943
2.	<i>Aesculus Hippocastan.</i>	+		Lebiediew	1948
3.	<i>Asphodelus albus</i>	+		Tappi	1951
4.	<i>Aster sp.</i>	+		Karrer, Eugster, Faust	1950
5.	<i>Atriplex patulum</i>		+	Lebiediew	1948
6.	<i>Begonia semperflorens</i>	+		" "	"
7.	<i>Cannabis sativa</i>		+	" "	"
8.	<i>Caragana arborescens</i>	+		" "	"
9.	<i>Chamaerops humilis</i>	+		" "	"
10.	<i>Chrysanthemum coronarium</i>	+		Karrer, Eugster, Faust	1950
11.	<i>Chrysanthemum leucanthemum</i>	+		" " "	"
12.	<i>Clivia miniata</i>	+		Żukowskij i Miedwiediew	1949
13.	<i>Cucurbita pepo</i>	+		Lebiediew	1948
14.	<i>Cyclamen persicum</i>	+		Karrer u. Leumann	1951
15.	<i>Dahlia variabilis</i>	+		Gugelman	1938
16.	<i>Helianthus annuus</i>	+		Karrer. Lebiediew	1950, 1948
17.	<i>Helianthus tuberosus</i>	+		Karrer, Eugster, Faust	1950
18.	<i>Jasminum fruticosum</i>	+		Lebiediew	1948
19.	<i>Juglans regia</i>		+	" "	"
20.	<i>Lilium candidum</i>	+		Euler, Ahlström i in.	1944
				Tappi u. Karrer	1949
21.	<i>Lilium tigrinum</i>	+		Ducloux	1925
				Karrer u. Oswald	1935
22.	<i>Lonicera caprifolium</i>	+		Lebiediew	1948
23.	<i>Malva domestica</i>	+		" "	"
24.	<i>Narcissus excertus</i>		+	Karrer, Eugster, Faust	1950
25.	<i>Pirus communis</i>		+	Lebiediew	1948
26.	<i>Prunus armeniaca</i>	+		" "	"
27.	<i>Prunus cerasus</i>	+		" "	"
28.	<i>Prunus domestica</i>	+		" "	"
29.	<i>Prunus persica</i>	+		" "	"
30.	<i>Salix alba</i>	+		Euler, Ahlström i in.	1944
31.	<i>Salix nigricans</i>	+		" " "	"
32.	<i>Sambucus nigra</i>		+	Lebiediew	1948
33.	<i>Taraxacum officinale</i>	+		Euler, Ahlström i in.	1944
34.	<i>Tilia cordata</i>	+		Lebiediew	1948
35.	<i>Tulipa gessneriana</i>	+		Euler, Klusmann	1932
36.	<i>Verbascum thapsifor.</i>	+		Bertrand et Poirault	1892
37.	<i>Zea mays</i>	+		Lebiediew	1948
				Karrer, Eugster, Faust	1950

Prace cytowane w tym zestawieniu przeważnie nie wyjaśniają nam bliżej biologicznej roli karotenoidów w pyłku roślin, są to bowiem prace chemików, zainteresowanych głównie budową znalezionych związków. Funkcję fizjologiczną karotenoidów w pyłku próbuje wyjaśnić praca L e b i e d i e w a (1948). Stwierdza on, że słabe stężenia karotenu β (0,005%) w pożywce, użytej do sztucznego kiełkowania pyłku, powodują lepszy wzrost łagiewek niż stężenia silniejsze, albo zupełny brak karotenu w pożywce. L e b i e d i e w przypuszcza, że dodatni wpływ mieszania pyłku, stwierdzany wielokrotnie przy opylaniu krzyżowym, polega właśnie na tym, że jedne pyłki wydzielają na znamię nieznaczne ilości karotenoidów, których być może brak innym pyłkom i pobudzają tym sposobem rozwój łagiewek.

Do innych wniosków dochodzi w swych badaniach S c h w a r z e n b a c h (1951). Przeprowadzał on doświadczenia nad kiełkowaniem pyłku *Cyclamen persicum* w wilgotnej kamerze na podłożu parafinowym z dodatkiem różnych związków z szeregu karotenoidów w bardzo słabych stężeniach. (Karotenoidy w stanie chemicznie czystym były dostarczone z pracowni Karrera). Okazało się, że jedne karotenoidy działają pobudzająco na wzrost łagiewki, inne hamująco, jeszcze inne nie działają wcale. Do najsilniej pobudzających należą likopen i krocetyna, do obojętnych karoten γ , do hamujących karoten β , co przeczy wynikom L e b i e d i e w a. Można przypuszczać że karoten β , użyty przez L e b i e d i e w a, nie był dostatecznie oczyszczony chemicznie i wolny od innych związków karotenoidowych. Z badań S c h w a r z e n b a c h a wynika jasno, że pod względem funkcji fizjologicznych nie można badać wszystkich karotenoidów łącznie, lecz należy traktować indywidualnie poszczególne związki. G o o d w i n (1952) zwraca też uwagę na to, że funkcja karotenoidów w pyłku nie może być uniwersalna ze względu na występowanie ich u niektórych tylko gatunków roślin.

O barwnikach z grup antocjanów i antoksyantyn w pyłku wiemy mniej niż o karotenoidach. Badania chemiczne wymienionych grup barwników oparte są na materiale pochodzącym z liści lub z koron kwiatowych, nie zaś z pyłku. K a r r e r i jego współpracownicy (1950) określając karotenoidy stwierdzają tylko nawiasowo, że główne barwniki pyłków są pochodnymi flawonów i flawonoli (antoksyantyny). T a p p i (1951) znajduje w pyłku *Asphodelus albus* obok karotenoidów „bliżej nie określone związki flawonowe“. H e y l (1919), który przeprowadził dokładne badania chemiczne pyłku *Ambrosia artemisiaefolia* i *trifida*, określa żółte barwniki w pyłku tych roślin jako glukozydy kwercetyny i izorhamnetyny, a więc pochodne flawonolu. Barwniki z tej samej grupy, kwercitrinę i rutynę, znaleźli w pyłku mieszańca *Forsythia intermedia* K u h n i L ö w (1949).

Badania składu chemicznego pyłku, których częścią jest niniejszy przyczynek, prowadzę w celu określenia wartości odżywczej pyłku jako pokarmu czerwiu pszczelego. Pod tym kątem widzenia ważna jest głównie zawartość karotenoidów. Ze względu na trudność zdobycia większych ilości materiału pyłkowego, szczególnie z roślin owadopylnych, zawartość barwników określałam tylko jakościowo.

Dla oznaczania barwników stosowano następujące metody:

1. **Oznaczenie karotenoidów:** Próbkę pyłku (około 0,1 g) rozcierano w moździerzu z proszkiem szklanym i paru kroplami 10% alkoholowego roztworu KOH, zalewano 5 ml 95% etanolu i mieszano starannie. Po kilkunastu minutach, gdy pyłek osiadł na dnie naczynia, płyn znad osadu zlewano do probówki ze szklanym korkiem i, po dodaniu 2 ml eteru naftowego oraz paru kropli wody, silnie wstrząsano. Po krótkim czasie oddzielała się na powierzchni warstwa eterowa, która w razie obecności karotenoidów miała barwę żółtą. Warstwę eterową wyciągano pipetą i wlewano do parowniczk. Po odparowaniu eteru w temp. pokojowej, żółtopomarańczowy osad na ściankach parowniczk. zadawano kroplą stężonego H_2SO_4 oraz (w innym miejscu) kroplą chloroformowego roztworu $SbCl_3$. W obu próbach karotenoidy dają wyraźne niebieskie zabarwienie.

2. **Oznaczenie antoksyanty:** Według podręcznika C. Steele (1949) dla stwierdzenia obecności antoksyanty w wodnych wyciągach z roślin stosuje się 3 próby: a) wyciąg potraktowany zasadami daje zabarwienie żółte; b) wyciąg potraktowany roztworem $FeCl_3$ daje zabarwienie zielone lub brunatne; c) przez dodanie do wyciągu octanu ołowiu wytrąca się żółty lub pomarańczowy osad.

Próby powyższe nie są jednak w pełni selektywne. Opierając się na wynikach pracy A. Kozłowskiej (1953) o biogenezie antocyjanu, zastosowałam prócz prób a i b jeszcze trzecią próbę, polegającą na przeprowadzeniu antoksyanty w antocyjan, drogą redukcji i utlenienia.

Wyciąg z pyłku przygotowany przez zalewanie próbki wrzącym 2% kwasem szczawiowym, był on bezbarwny lub bladożółty. Ekstrakt ten mieszano z rozcieńczonym (1 : 4) HCl w ilości 13 objętości roztworu i dodawano odrobinę sproszkowanego cynku. Po paru minutach silnie burzący się płyn przesączało do innej probówki i odstawiano. W razie obecności antoksyanty w roztworze zabarwia się on zwolna na różowo. Wywiązujący się z HCl i cynku wolny wodór przeprowadza redukcję antoksyanty (pochodnych flawonu) na bezbarwne związki, które w zetknięciu z tlenem powietrza przechodzą w antocyjany, co zaznacza się zrózowieniem roztworu. Ponieważ, jak stwierdza Kozłowska, obecność składników redukujących takich jak cukry proste, działa hamująco na przebieg reakcji utleniania, a cukry te często występują w ziarnach pyłku, pozostawia-

no próby po zadziałaniu wodorem na 24 godziny. Po tak długim czasie, nawet w obecności reduktorów, może nastąpić wytworzenie antocjanu.

3. **Oznaczenie antocjanów:** W razie obecności antocjanów w pyłku wyciąg wodny z kwasem szczawiowym jest barwy różowej. Po zagęszczeniu i zalkalizowaniu barwa roztworu zmienia się na niebieską.

Powyższymi metodami zbadano na zawartość barwników pyłek 67 gatunków roślin. Wyniki zestawione są w tabeli 2.

W 54 gatunkach znaleziono w pyłku 1 lub 2 barwniki w większej ilości. Nieznaczne ilości (ślady) barwników występują w pyłku *Zea mays*, *Ricinus communis*, *Paeonia sinensis*, *Narcissus poeticus*. W 9 gatunkach nie znaleziono żadnych barwników w pyłku. Są to pyłki o barwie białej lub kremowej (*Malva silvestris*, *Digitalis purpurea*, *Lappa minor* i *tomentosa*), szarej (*Rosa rugosa*, *Viburnum lantana*), zielonawożółtej (*Sambucus nigra*), lub nawet jasnożółtej w wypadku pyłku iglastych (*Pinus silvestris*, *Larix europaea*). Wyniki przedstawione w tabeli 2 wskazują wyraźnie, że karotenoidy występują głównie u roślin owadopylnych. W pyłku wiatropylnych spotyka się je tylko niekiedy w śladach. Podsumowanie tych wyników podaję poniżej.

	owadopylne insect-pollinated	wiatropylne wind-pollinated	razem together
bez barwników	7	2	9
antoksyantyny	11	14	25
„ (ślady)	6	1	7
antocyjany	4	—	4
karotenoidy	32	—	32
„ (ślady)	—	4	4

Wyniki innych autorów, zestawione w tabeli 1, wykazują również, w spisie roślin zawierających karotenoidy, przeważnie rośliny owadopylne.

Wyjątek stanowi tu tylko wiatropylna *Zea mays* oraz *Cannabis*, *Atriplex* i *Juglans*, gdzie jednak karotenoidy występują tylko w śladach. Euler i jego współpracownicy (1948) podkreślają także występowanie karotenoidów u roślin owadopylnych, gdzie pyłek służyć może za pokarm owadom. Ten właśnie взгляд jest interesujący pod kątem widzenia potrzeb pszczelarstwa. Wstępne obserwacje nad wyborem pyłków przez pszczoły pozwalają mi wyrazić przypuszczenie, że barwniki karotenoidowe są właśnie składnikiem pyłku najbardziej poszukiwanym przez pszczoły. W porze bowiem, gdy mają one do wyboru wiele obficie pyłących roślin, najczęściej zbierają pyłek *Salix*, *Aesculus* lub *Taraxacum*, a więc pyłki bogate w karotenoidy, pomijając równocześnie pyłek np. *Betula* lub

T a b e l a 2

Występowanie barwników w pyłku
(The presence of pigments in pollen)

Lp.	Nazwa rośliny The name of plant	Karotenoidy Carotenoids		Anto- ksantyny Antho- xanthins		Antocjany Antho- cyanins	Sposób opylenia—pollination O — owadopylne insect-pollinated W — wiatropylne wind-pollinated
		obecność presence	ślady traces	obecność presence	ślady traces	obecność presence	
1.	<i>Acer negundo</i>	—	—	+	—	—	W
2.	<i>Aesculus hippocastanum</i>	+	—	—	—	—	O
3.	<i>Alnus incana</i>	—	—	+	—	—	W
4.	<i>Althaea rosea</i>	—	—	—	—	—	O
5.	<i>Antirrhinum majus</i>	—	—	+	—	—	O
6.	<i>Aster</i> sp.	+	—	—	—	—	O
7.	<i>Beta vulgaris</i>	—	—	—	—	—	W
8.	<i>Betula verrucosa</i>	—	—	+	—	—	W
9.	<i>Borago officinalis</i>	—	—	+	—	—	O
10.	<i>Calendula officinalis</i>	—	—	—	—	—	O
11.	<i>Cannabis sativa</i>	—	—	+	—	—	W
12.	<i>Caragana arborescens</i>	+	—	—	—	—	O
13.	<i>Carpinus betulus</i>	—	—	—	—	—	W
14.	<i>Corylus avellana</i>	—	—	+	—	—	W
15.	<i>Cosmea bipinnata</i>	—	—	+	—	—	O
16.	<i>Cucurbita pepo</i>	+	—	—	+	—	O
17.	<i>Dahlia variabilis</i>	—	—	—	+	—	O
18.	<i>Digitalis purpurea</i>	—	—	—	—	—	O
19.	<i>Eschscholtzia californica</i>	—	—	—	—	—	O
20.	<i>Fraxinus excelsior</i>	—	—	+	—	—	W
21.	<i>Fritillaria imperialis</i>	—	—	+	—	—	O
22.	<i>Gaillardia</i> sp.	+	—	—	—	—	O
23.	<i>Helianthus annuus</i>	+	—	—	—	—	O
24.	<i>Helianthus tuberosus</i>	+	—	—	—	—	O
25.	<i>Hemerocallis flava</i>	+	—	—	—	—	O
26.	<i>Hemerocallis fulva</i>	+	—	—	—	—	O
27.	<i>Hypericum perforatum</i>	+	—	—	—	—	O
28.	<i>Laburnum vulgare</i>	+	—	—	—	—	O
29.	<i>Lappa minor</i>	—	—	—	—	—	O
30.	<i>Lappa tomentosa</i>	—	—	—	—	—	O
31.	<i>Larix europaea</i>	—	—	—	—	—	W
32.	<i>Lilium candidum</i>	+	—	+	—	—	O
33.	<i>Lilium croceum</i>	+	—	—	—	—	O

T a b e l a 2 (c. d.)

Występowanie barwników w pyłku

(The presence of pigments in pollen)

L. p.	Nazwa rośliny The name of plant	Karotenoidy Carotenoids		Anto- ksantyny Antho- xanthins		Antocjany Antho- cyanins	Sposób opylenia—pollination O — owadopylne insect-pollinated W — wiatropylne wind-pollinated
		obecność presence	ślady traces	obecność presence	ślady traces	obecność presence	
34.	<i>Lilium martagon</i>	+	—	—	—	+	O
35.	<i>Linaria vulgaris</i>	+	—	+	—	—	O
36.	<i>Malva silvestris</i>	—	—	—	—	—	O
37.	<i>Myrica gale</i>	—	—	+	—	—	W
38.	<i>Narcissus poeticus</i>	—	—	—	+	—	O
39.	<i>Paeonia sinensis</i>	—	—	—	+	—	O
40.	<i>Papaver dubium</i>	—	—	+	—	—	O
41.	<i>Papaver orientale</i>	—	—	—	—	+	O
42.	<i>Papaver rhoeas</i>	+	—	—	—	+	O
43.	<i>Philadelphus coronaria</i>	+	—	—	—	—	O
44.	<i>Pinus silvestris</i>	—	—	—	—	—	W
45.	<i>Populus alba</i>	—	+	+	—	—	W
46.	<i>Populus tremula</i>	—	—	+	—	—	W
47.	<i>Portulaca grandiflora</i>	+	—	—	—	+	O
48.	<i>Quercus sessiliflora</i>	—	—	+	—	—	W
49.	<i>Ranunculus acer</i>	+	—	+	—	—	O
50.	<i>Ricinus communis</i>	—	+	—	—	—	W
51.	<i>Rosa canina</i>	+	—	—	—	—	O
52.	<i>Rosa centifolia</i>	+	—	—	—	—	O
53.	<i>Rosa rugosa</i>	—	—	—	—	—	O
54.	<i>Reseda odorata</i>	+	—	—	—	—	O
55.	<i>Salix</i> sp.	+	—	—	—	—	O
56.	<i>Sambucus nigra</i>	—	—	—	—	—	O
57.	<i>Solidago canadensis</i>	+	—	—	—	—	O
58.	<i>Sorbus intermedia</i>	—	—	+	—	—	O
59.	<i>Taraxacum officinale</i>	+	—	—	—	—	O
60.	<i>Tilia cordata</i>	+	—	—	—	—	O
61.	<i>Tropaeolum majus</i>	+	—	—	+	—	O
62.	<i>Tulipa Gessneriana</i>	—	—	+	—	—	O
63.	<i>Ulmus montana</i>	—	—	+	—	—	W
64.	<i>Urtica dioica</i>	—	—	+	—	—	W
65.	<i>Verbascum thapsiforme</i>	+	—	—	—	—	O
66.	<i>Viburnum lantana</i>	—	—	—	—	—	O
67.	<i>Zea mays</i>	—	+	—	+	—	W

Pinus. Przypuszczenie to wymaga oczywiście potwierdzenia drogą dalszych obserwacji, dotyczących składu gatunkowego obnózek i komórek perchowych.

Porównanie tabel 1 i 2 wskazuje, że wyniki analiz pyłku tych samych gatunków roślin, przeprowadzonych przez różnych autorów, nie zawsze są zupełnie zgodne. Np. *L e b i e d i e w* znajduje w pyłku *Sambucus nigra* i *Cannabis sativa* ślady karotenoidów, podczas gdy w moim materiale nie było ich wcale; u *Zea mays* znalazłam tylko ślady karotenoidów. *L e b i e d i e w* zaś większą ich ilość. Te drobne różnice tłumaczą się tym, że ilość i jakość barwników w pyłku nawet w granicach gatunku zależy od czynników takich, jak np. pora kwitnienia, temperatura, skład gleby itp. Zauważono to przy wykonywaniu ilościowych analiz karotenoidów w pyłku (*T a p p i u. K a r r e r* 1949).

Analiza kilkudziesięciu gatunków nie uprawnia jeszcze do wnioskowania, czy występowanie tych lub innych barwników w pyłku związane jest z pewnymi rodzinami. Zwraca jednak uwagę obfite występowanie karotenoidów w pyłku przedstawicieli rzędów *Liliiflorae*, *Synandreae* i *Rosales*. Dodać należy, że w pracowni *K a r r e r a* otrzymywano wiele karotenoidów przez ekstrakcję całych kwiatostanów *Compositae*, jak np. *Leontodon autumnale*, *Tagetes patula*, *Crepis aurea*, *Tusillago Farfara*, *Arnica montana* lub z całych kwiatów *Papilionaceae* — *Lotus corniculatus* i *Sarothamnus scoparius*. Niewątpliwie część otrzymanych karotenoidów pochodziła i z pyłku tych roślin. Charakterystyczny jest także brak barwników notowany u *Gymnospermae*. (W moim materiale — pyłek *Pinus silvestris* i *Larix europaea*). Potwierdza się ten fakt i w obserwacjach innych autorów. Np. *S e k i n e i L i* (1942) nie znajdują barwników w pyłku *Pinus densiflora* i *Thurnberghii*, *Strain* (1935) — u *Pinus ponderosa* i *radiata*, *E u l e r* (1944) — u *Pinus montana*. Żółte zabarwienie nadaje tu prawdopodobnie pyłkom iglastych wysycająca eksinę substancja, zwana „sporopolleniną“. Ilość tej substancji w błonach pyłków *Gymnospermae* jest wyższa niż w pyłkach *Angiospermae*, a jeszcze więcej zawierają jej błony zarodników *Pteridophyta*, co mogłoby wskazywać na zmniejszanie się zawartości sporopolleniny w toku rozwoju ewolucyjnego roślin. Brak barwników oraz żółte zabarwienie pyłku, wywołane tylko obecnością sporopolleniny, notuje także *T i t s c h e r* (1940) dla pyłku *Typha latifolia*.

STRESZCZENIE

Zbadano jakościowo na zawartość barwników (karotenoidów, antoksyantyn i antocyjanów) pyłek 67 gatunków roślin. Wyniki obserwacji zestawiono w tabeli 2. Stwierdzono, że pyłek barwy białawej, szarej i zielonawożółtej nie zawierał poszukiwanych barwników. Brak ich również

w żółtym pyłku roślin iglastych, którego zabarwienie wywołane jest prawdopodobnie obecnością większej ilości sporopolleniny. Zestawienie liczbowe (str. 77) wykazuje, że karotenoidy występują wyłącznie u roślin owadopylnych (u wiatropylnych tylko w śladach), antoksyantyny zarówno u wiatro-, jak i u owadopylnych. Porównanie wyników prac innych autorów (tabela 1) potwierdza te wnioski. Wstępne obserwacje nad zbieraniem pyłku przez pszczoły pozwalają przypuszczać, że pyłek zawierający karotenoidy jest najchętniej zbierany na pokarm dla czerwiu pszczelego.

Katedra Botaniki
Politechniki Gdańskiej

(Wpłynęło dn. 14.II.1955 r.)

S U M M A R Y

The content of pigments (carotenoids, anthoxantins and anthocyanins) in pollen of 67 species are investigated qualitatively. The results are presented in table 2. It is stated, that the pollen coloured whitish, grey and greenish do not contain pigments mentioned above. They are not present also in the yellow pollen of *Coniferae*, the colouring of which is probably caused by the presence of a certain amount of sporopollenine.

As we see (p. 77) the carotenoids are found exclusively in the insect-pollinated plants (in the wind-pollinated ones there are only traces). Anthoxantins are found both in the wind- and insect-pollinated plants. These conclusions are proved by the comparison of the results noted by other authors (table nr. 1). The preliminary observations of the bee-collected pollen show, that the pollen containing carotenoids is preferred as bee-bread.

L I T E R A T U R A

- Bertrand G. et Poirault C., 1892. C. R. Acad. Sc., 115.
Ducloux H. E., 1925. Rev. Facultad. Ciencias. v. 3 (Chem. Abstr. 1925. 20—774).
Euler H. von, Ahlström B., Högborg B., Petersson I., 1944. Arkiv Kemi, Miner. och Geol. v. A. 19.
Euler H. von, Heller A., Högborg B., 1948. Arkiv Kemi, Miner. och. Geol. v. 23.
Euler H. von, Klusmann E., 1932, Svensk, Kem. Tidskr. v. 44. (9).
Goodwin T. W., 1952. The comparative biochemistry of the carotenoids (Przekład rosyjski. Moskwa 1954).
Gugelman W., 1938. Über Vorkommen von Lycopin in Staubbeutel von Dahlien. Dissertation. Zürich.
Heyl F. W., 1919. Journ. Americ. Chemic. Soc. v. 41.
Karrer P. und Oswald A. S., 1935. Helv. Chim. Acta v. 18.
Karrer P., Eugster C. H. und Faust M., 1950. Helv. Chim. Acta v. 33.
Karrer P. und Leumann E., 1951. Helv. Chim. Acta v. 34.
Kozłowski A., 1953. Acta Soc. Bot. Pol. v. XXII—4.
Kuhn R. und Löw I., 1949. Ber. d. Deutsch. Chem. Ges. v. 82.

- Lebiediew S. I., 1948. Doklady Akad. Nauk SSSR. v. 59.
Mamelli E. & Caretta U., 1943. Ann. Chim. Farm. v. 31 (Chem. Abstr. 1944-4288).
Sekine H. & Li T., 1942. Chem. Abstr. I — 1950. 2606.
Schwarzenbach F. H., 1951. Helv. Chim. Acta v. 34.
Steele C., 1949. An introduction to plant biochemistry. London.
Strain H. H., 1935. Journ. Biol. Chem. v. 111.
Tappi G. und Karrer P., 1949. Helv. Chim. Acta v. 32.
Tappi G., 1951. Gazz. Chim. Ital. v. 81. (Chem. Abstr. 1951. 2—12. 5241).
Titscher J., 1940. Zeitschr. f. Physiol. Chemie. v. 267.
Żukowski P. M. i Miedwiediew Ż., 1949. Doklady Akad. Nauk SSSR. v. 64
i 66.

A simple method for examining the action of chemicals on mitosis in living endosperm

by

J. MOLÈ-BAJER

Endosperm showed itself to be excellent material for detailed observations of the course of mitosis in different plants (Bajer 1953, a, b, 1954, and Bajer and Molè-Bajer 1954). It was also suggested that it is suitable for studies on the influence of chemical substances on mitosis. The purpose of this work was to elaborate a simple and useful technique for such studies. Very detailed experiments were made on the influence of respiratory inhibitors on different stages of mitosis. The results of these studies will be published later and here only a detailed description of the method employed will be given.

Qualitative methods of the work with very small amounts are found in Glick's (1949) book.

The method for the observation of endosperm *in vivo* consists in pressing the endosperm on to agar with a suitable sugar concentration. The contents of the embryosac in a suitable stage of development, which varies between 3 and 6 weeks after pollination (Bajer and Molè-Bajer 1954), is pressed on to a large cover slip smeared with agar. On the cover slip a vaseline or *constant* paraffine ring is made and the area inside the ring is smeared with a very thin layer of hot agar. 0.4—0.5% agar and 3—3.5% of glucose is suitable for different species. The concentration of glucose must be experimentally determined. The large cover slip on which the endosperm is smeared is covered with a smaller one also smeared with agar and the two glasses are sealed with hot vaseline. In the case of large embryosacs (*Clivia*, *Haemanthus*, *Leucojum*) containing over 500 μ l of liquid, the pressing out should be done very carefully. Then the first drops of liquid contain no cells and may be cast away. This is necessary as on the area of 2 square cm of agar, no more than 20—25 μ l of the liquid containing endosperm should be pressed. If the quantity of liquid is small the cells or endosperm lobes — found in young embryosacs — flatten slowly. This process is of great importance for the studies of the course of mitosis *in vivo*, but during the studies on the influence of chemicals on mitosis should rather be avoided. Too small a quantity of liquid leads to the death of cells and too large gives rise to a drop of very nonuniform thickness, which should also be avoided. The drop should be thin and uniform.

It appeared that the atmosphere of oxygen, applied previously, is not necessary; however for some plants light seems to cause death or to retard the course of mitosis, especially till the beginning of anaphase, i. e. the first stages of mitosis are the most susceptible, and therefore for observations the weakest light, with heat rays eliminated, should be applied.

*

In the above described method an artificial medium is applied (agar with glucose), but the cells are however surrounded by the natural medium: liquid from the embryosac. As the chemical composition of the liquid is not known this makes more difficult the proper dosing of the chemical agents, whose influence is to be studied. If the normal state of the cells is dependent on these two mediums (agar and liquid) which is assumed to be certain, the chemical substances after preparation may be added either to 1) agar, or to 2) liquid. Also the third method — injection to the embryosacs before preparation — may be applied. However as this last method presents serious difficulties in quantitative studies, it will not be discussed further.

Before the detailed description some general remarks concerning the two (1, 2) will be given. The osmotic pressure of the liquid containing endosperm is not known. This makes it practically impossible not to influence it during the action of chemicals, though the changes may be very slight. Most probably slight changes of the osmotic pressure have no influence on the course of mitosis, which is proved by the following facts: in some plants the division is continued in different concentrations of the glucose in the agar, and also the mixing of the endosperm liquid from some embryosacs of different age does not change the percentage of dividing cells, though most probably their osmotic pressure is not the same.

Only substances on which glucose does not act can be used. E. g. if the colchicine influence is examined, instead of glucose, mannit should be applied, as the glucose opposes the colchicine action (C o r n m a n 1950).

1. ADDITION OF THE CHEMICALS TO THE ENDOSPERM LIQUID

In order to change the osmotic pressure of the endosperm liquid a slight degree only, which does not influence the course of mitosis, when a certain amount of any substance is added, e. g. solution of the chemical agent, it would be necessary to subtract previously from the endosperm liquid the same amount of osmotically active substances. It is evident that this is impossible, and a different method must be used. This way is to add the smallest possible volume of the solvents of very high concentration, then the osmotic pressure is only slightly changed, while

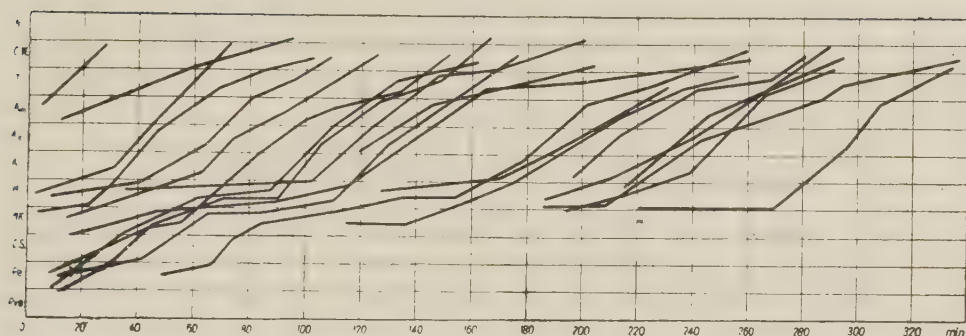


Fig. 1. Control. Properly made preparation; all the cells continue the division. Pve — early prophase before spindle formation, Pe — early prophase, C. S. — contraction stage, Mk — metakinesis, M — metaphase, A_I, A_{II}, A_{III} — anaphase early, middle and late, T — telophase, C. W. — cell wall formation, N — appearing of nucleoli. *Haemanthus Katharinae*.

the endosperm equals O. Intervals on the ordinate are either equal for each stage, as is seen on Figs. 1—2, or they may be proportional to the average duration of different stages of mitosis. However it must be stressed that the durations of different stages in normal mitoses differ considerably and average durations must be drawn from several observations. If the microscope is supplied with a cross table with nonius, which makes it possible to point exactly the position of each cell in preparation and to find it in a moment, after some practice simultaneously 20—30 cells may be observed. The stage of each cell is confirmed every few minutes and the time is exactly marked on the graph. For each preparation, in and not in the control, such a graph is made. The courses of the curves on the

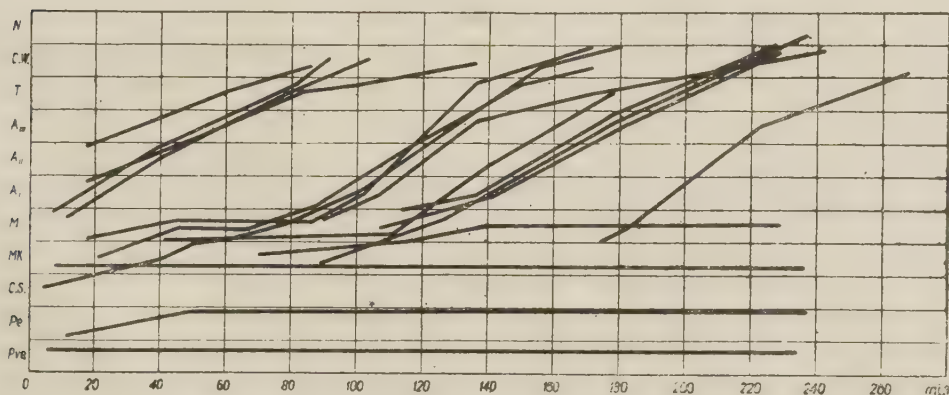


Fig. 2. The drying preparation. The hanging drop too thin — the drying of the drop caused death of most cells in early stages (prophase). — Partly explanation in Fig. 1. *Haemanthus Katharinae*.

In general this method is worse than the following one, but it makes possible however the use of thermo-labile substances, which is not possible in the second one.

2. CHEMICAL SUBSTANCES ADDED TO AGAR

In this method the chemical agent is added to the agar with the glucose. The same quantity (calibrated micropipette) of agar with sugar and the substance whose influence is to be studied is smeared on the same area of the cover slip. This is easily achieved, as the edges of the area are determined by the vaseline ring, whose dimensions may be always the same. A short weight amount of endosperm is pressed out and a sufficient quantity of liquid is added on a torsion balance. It seems however that the weighing is not necessary to get exact results, as it appeared that after some practice the volume of the pressed endosperm liquid changes no more than 10%, which was confirmed during control weighing.

The area of agar should be large — about 4 square cm — and liquid with endosperm should be evenly placed, since this is of importance for equal diffusion.

This method appeared much better than the first one. In practice on a properly made preparation only one layer of cells is present and as a result all cells touch the agar. The main defect of this method is that the substances which are destroyed by high temperature (above 80°C) cannot be applied as agar in a hot state must be used for the smearing of the cover slips.

3. ACTION OF GASES

The simplest methods are employed if the action of gases on endosperm is examined. A large cover slip with the endosperm prepared in the usual manner is fixed to a specially adopted chamber (Bajer 1954) which permits the observations on a given gas. Also on the bottom of the chamber the reaction which results in a gas production may be started. The qualitative work in this last case also presents no difficulties. Such a method was applied for the studies of the influence of HCN (to KCN solution HCl was added) and gave quite satisfactory results.

4. RECORDING THE RESULTS

A simple method for recording the results was applied. During the observations the following graph is made: ordinate — different stages of mitosis, abscissa — durations of observations. The time of preparing

large volume may cause either diminishing or increasing of the osmotic pressure. An additional difficulty arises as very often it is not possible to make a high concentration of the substance, as it may be only slightly soluble in water. In practice this method may be used for substances which act in low concentrations only. If this method is employed the concentrated solution of the substance is added with the aid of a micro-pipette. The making of such quantitative pipettes is described by Glick (1949) and they showed themselves to be really very handy. The endosperm with liquid may also be taken with a calibrated pipette or, better still, the cover slip with vaseline is weighed and only agar is added with a calibrated pipette. A torsion balance is quite sufficient and very quick and convenient. Then the endosperm is added in excess, the excess of liquid is removed on to the pan with a pipette, and the solution of the agent is given. The making of the preparation should be quick, and after some practice it takes only a few minutes.

There are different types of torsion balances; some of them are described by Brauner (1929), Portsmouth (1948) and Glick (1949). Of very high sensitivity are those based on the turn of a quartz string (torsion balance of Nernst). The most convenient is described by Portsmouth, and the simplest described by Brauner. This last type was used: it is of sufficient accuracy and its construction offers no difficulty. A long glass rod (length about 40 cm) of about 2 mm diameter is fixed on one end and about 10 cm from the other end the pan is suspended. The pan is made from a cover slip fixed to a 5—8 cm long glass rod, which is hoop bent on the opposite end and is suspended on a slight U-bend made for this purpose on a long glass rod. The long glass rod from the fixed end may be bent into a spiral. The part of the rod on the opposite end of the rod fixing moves on the ground of the mirror scale. All weight should be manted as it is sensitive even to air currents. The accuracy of the balance depends on the length and the thickness of the long glass rod and the point of the pan suspension. Calibration is necessary, and may be easily done with small analytic weights. Calibrations indicate also the limits in which the balance can be used i. e. the region of the proportionality of the bending forward in relation to the weight.

If the volume of the endosperm liquid is measured with a pipette many cells are injured or killed and this may be a source of serious error (cf. Fig. 2).

Also the mixing of the endosperm liquid and the added solution may result in injuring many cells. The most harmless method is to give the solution of chemical substance not to the endosperm liquid but immediately on to the agar after smearing; this makes it possible to spread the solution much more equally and uniformly.

In the calculation of the final concentration the volume of agar — which should be the slightest possible — should also be counted.

control graphs are slightly different, this being caused by different durations of mitosis in different cells, however if the control is sufficiently large the error is easily eliminated.

The graph of such types gives:

1. the number of cells (from which the percentage may be calculated) in which mitosis is continued depending on the stage of mitosis (Figs. 1—2),
2. the stage in which the course of mitosis is stopped or delayed (Fig. 2),
 - a. in the case of immediate delay action of the factor causing complete stoppage of the course of mitosis independent of the stage, at the moment when the continuation of mitosis ceases the curve changes to a straight line parallel to the abscissa, c. f. Fig. 2,
 - b. in the event of weak influence of the factor particular stages of mitosis may be prolonged and the angle of the incline of curves for single cells may be changed or particular stages may be completely stopped,
3. the moment in which the substance begins to affect the mitosis — from comparison with the control,
4. average velocity of division in and not in the control.

It is very easy to eliminate the divisions which were in late stage, that e. g. the course of mitosis ended before the action began — in cases in which the substance acts slowly, and so on. It is also evident that disturbances of different kinds may be easily noticed.

*

These methods were employed for the studies of substances with small molecules and gases (nitrogen, oxygen, KCN and NaN_3). In all cases the process of diffusion is immediate and if the substance has any influence it affects mitosis a few minutes after preparation. Most probably the concentration of active substance in the agar and in the endosperm liquid were quickly equalled, as in not one case was the correlation of the substance action and the time found i. e. the results caused by the active substance do not increase in time. For substances with larger molecules the diffusion would be slower, but experimental determining of the time of the substance action, and the stability of such action however cause no difficulty.

As was stressed above, these methods are useful for substances which act in low concentrations i. e. do not change notably the osmotic pressure, but most substances, however, whose influence was studied on the course of mitosis in the last years have this property.

CONCLUSIONS AND SUMMARY

A simple method for studies of the influence of chemical substances on mitosis in endosperm *in vivo* is described. The method makes possible exact qualitative experiments.

Chemical substances may be:

1. added to agar with glucose on which the endosperm is smeared,
2. added to the liquid containing endosperm cells,
3. injected to the embryosac before preparation.

The two first methods are described and the advantages and difficulties which arise are stressed.

Also a simple method of recording the results is recommended. This method consists in making a special graph from which the following data may be obtained:

1. the number of cells (%) in which mitosis is continued depending on the stage of mitosis,
2. the stage in which the course of mitosis is stopped or delayed,
3. the moment in which the substance begins to affect the mitosis,
4. average velocity of division.

Laboratory of Plant Physiology
Jagiellonian University
Kraków, Grodzka 53

(Entered 3.II.1955)

LITERATURE

- B a j e r A., 1953 a, Absolute viscosity and living mitotic spindle structure. Acta Soc. Bot. Poloniae. 22 : 331—348.
- B a j e r A., 1953 b, Endosperm valuable material for experimental studies of mitosis *in vivo*. Ibid. 22 : 475—482.
- B a j e r A., 1954, Cine-micrographic studies on mitosis in endosperm. I. Ibid. 23 : 383—412.
- S a j e r A. and J. M o l è - B a j e r, 1954, Endosperm material for study on the physiology of cell division. Ibid. 23 : 69—98.
- B r a u n e r L., 1929, Pflanzenphysiologisches Praktikum, I Teil. G. Fischer. Jena. p. 112.
- C o r n m a n I., 1950, Alleviation of mitotic poisoning by glucose. Journ. Cell. and Comp. Physiol. 35 : 301—302.
- G l i c k D., 1949, Techniques of histo- and cytochemistry. Interscience Publ. New York. p. 531.
- P o r t s m o u t h C. B., 1948, A simple torsion balance. Ann. Bot. 12 : 331—333.

Flora glacialna z Czumowa nad Bugiem

The glacial flora from Czumów on the river Bug in Poland

A. SRODON

OPIS STANOWISKA I SKŁAD FLORY

Prof. dr A. J a h n w czasie swych wieloletnich badań nad czwartorzędem Wyżyny Lubelskiej odkrył już kilka interesujących stanowisk flory glacialnych i interglacialnych, których opracowanie w dużym stopniu wzbogaciło naszą wiedzę o plejstocenie. Obecnie pragnę podać wyniki analizy botanicznej jeszcze jednego stanowiska flory dryasowej, odkrytego przez prof. J a h n a w miejscowości Czumów nad Bugiem, położonej w odległości ok. 7 km na południowy-wschód od Hrubieszowa.

Do opracowania otrzymałem ¹ ok. 100 cm³ wynoszącą próbkę jasnopielatego mułku lessowego z niewielką ilością droбноziarnistego piasku oraz cienkimi warstewkami detrytus roślinnego. Po bliższym zbadaniu okazało się, że na ów detrytus składają się stosunkowo bardzo liczne i dobrze zachowane owoce, nasiona i liście typowej flory glacialnej, a ze szczątków zwierzęcych resztki owadów oraz mięczaki. Materiał zwierzęcy oddałem do dyspozycji prof. drowi S. S m r e c z y ń s k i e m u (owady) i prof. drowi J. U r b a ń s k i e m u (mięczaki).

Lista oznaczonych z Czumowa roślin przedstawia się następująco:

Rośliny kwiatowe

- | | |
|--|--|
| 1. <i>Armeria Iverseni</i> S z a f e r | 20 kielichów |
| 2. <i>Batrachium</i> sp. | 3 owoce |
| 3. <i>Betula nana</i> L. | 6 liści, 36 owoców,
i 2 łuski owocowe |
| 4. <i>Carex</i> sp. div. | 146 owoczków |
| 5. <i>Caryophyllaceae</i> | 3 nasiona |

¹ Serdeczne podziękowania składam prof. drowi A. J a h n o w i za oddanie mi materiału z Czumowa do opracowania, prof. drowi J. M a d a l s k i e m u za oznaczenie pestki *Potamogeton filiformis* Pers. oraz prof. drowi B. S z a f r a n o w i za oznaczenie wszystkich podanych w tej pracy mchów.

6. <i>Compositae</i>	kilka acheniów
7. <i>Cruciferae</i>	21 nasion
8. <i>Dryas octopetala</i> L.	5 liści oraz ich ułamki
9. <i>Gramineae</i>	liczne owoce
10. <i>Hedysarum obscurum</i> L.	1 liść
11. <i>Helianthemum</i> sp.	2 ułamki torebki nasiennej
12. <i>Polygonum viviparum</i> L.	5 listków i 7 różnorodnych
13. <i>Potamogeton filiformis</i> Pers.	1 pestka
14. <i>Potentilla</i> sp.	2 owoce
15. <i>Ranunculus</i> sp.	2 owoce
16. <i>Salix herbacea</i> L.	46 listków i ich ułamki
17. <i>Salix polaris</i> Whl b.	2 listki
18. <i>Saxifraga oppositifolia</i> L.	47 listków
19. <i>Spirodela polyrrhiza</i> (L.) Schleiden	1 listek
20. <i>Thalictrum alpinum</i> L.	1 owoc.

Mchy

21. *Aulacomnium palustre* Schwaegr.
22. *Bryum* cf. *ventricosum* Dicks.
23. *Drepanocladus revolvens* Warnst.
24. *Calliergon giganteum* Kindb.
25. *Cinclidium subrotundum* Lindb.
26. *Cratoneuron* cf. *filicinum* Roth.
27. *Helodium lanatum* Broth.
28. *Scorpidium turgescens* (F. Jens.) Moenkenm.
29. *Tortula* sp.

Głony i grzyby

30. *Characeae* 1 oospora
31. *Cenococcum geophilum* bardzo liczne skleroty.

W materiale roślinnym stwierdziłem poza tym dość liczne drobne drewnienka, otoczone nieraz tak dokładnie, że do złudzenia przypominają kształtem owoce.

Opisy oraz ilustracje oznaczonych z Czumowa szczątków roślin kwiatowych podałem w mej pracy o plejstoceńskiej florze z miejscowości Tarzymiechy nad Wieprzem (Srodoń 1954) i dlatego ich tu nie zamieszczam.

Na szczególną uwagę we florze z Czumowa zasługują mchy, a spośród nich zwłaszcza *Cinclidium subrotundatum* Lindb., gatunek nie wchodzący w skład współczesnej roślinności Polski, a z plejstocenu znany tylko z Walawy nad Sanem oraz *Scorpidium turgescens* (F. Jens.) Moenkenm., podany dotychczas jedynie z Ludwinowa i Baryczy (Szafrań 1952). Niemal wszystkie wymienione tu mchy posiadają dziś centrum swego występowania w zbiorowiskach holarktycznej tundry periglacialnej.

W podanym składzie flory obok panujących roślin lądowych są również i wodne z rodzajów: *Potamogeton*, *Batrachium*, *Spirodela* i innych. Ich obecność wiąże się zapewne z niewielkimi i płytkimi „oczkami” wodnymi, jakie zazwyczaj występują na arktycznej tundrze.

Cechą charakterystyczną tej flory jest poza tym jej uderzająca drobnolistność (mikrofylia), zaznaczająca się szczególnie dobrze w rozmiarach liści *Betula nana*, *Dryas octopetala* i wierzb. Wskazywałoby to na surowe warunki klimatyczne, jakie zazwyczaj panują w niedalekim stosunkowo sąsiedztwie brzegu lądolodu (Szafrań 1946). Na podkreślenie zasługuje również wielka obfitość szczątków roślin i ich różnorodność pod względem systematycznym w tak małej, bo zaledwie ok. 100 cm² wynoszącej próbce materiału.

Podane szczegóły dotyczą osadu i zawartych w nim szczątków roślin oraz zwierząt i zdają się dowodzić, iż miejscem ich złożenia w Czumowie był, podobnie jak i w Tarzymiechach, brzeg (plaża) zbiornika wodnego. W obu przypadkach mamy prawdopodobnie do czynienia z materiałem dryftowanym na brzegu zastoiska lodowcowego o wahającym się okresowo poziomie wód.

GEOLOGIA I STRATYGRAFIA STANOWISKA

Według Jahnna (1952 oraz informacje listowne) stanowisko flory w Czumowie znajduje się w podciętej przez Bug terasie, przebiegającej na wysokości 188 m n. p. m. a 11 m nad poziomem rzeki. Terasa ta zbudowana jest z następujących warstw, idąc od góry:

5—6 m less doliny, żółty warstwowany,

1 m piasek czysty, żółty, warstwowany na przemian z mułkiem lessowym,

1,5 m mułek lessowy z detrytusem roślinnym (miejsce pobrania próbek),

2,5 m piasek biały, rzeczny, ze żwirkami kredy (zawiera ziarenka skaleni), schodzi poniżej poziomu rzeki.

Opisana terasa jest — zdaniem Jahnna — przedłużeniem terasy krytynopolskiej z okolic Sokala. a mułek lessowy z detrytusem roślinnym

przypomina dryasowe mułki z doliny Wieprza. Obie te informacje mają istotne znaczenie dla oceny przypuszczalnego wieku stanowiska flory w Czumowie.

Głacialną florę z Krystynopola uważa się dość powszechnie — zgodnie z interpretacją S z a f e r a z 1928 r. — za pochodzącą z okresu transgresji zlodowacenia krakowskiego (K l i m a s z e w s k i 1952). Za starszą od tego zlodowacenia uważa ją J a h n (1948). W 1945 r. o stanowisku w Krystynopolu pisał prof. S z a f e r, jego „wiek geologiczny uważam dziś za wątpliwy, gdyż — być może — jest on również średnioplejstoceński, tzn. z czasu Varsovien 1.“

Miększe mułki z florą dryasową w dolinie Wieprza zinterpretował J a h n (1952) pod względem stratygraficznym jako pochodzące z okresu zlodowacenia środkowopolskiego. Ich zaś nadkład w postaci lessu dolinowego uważa za młodszy i wiąże ze zlodowaceniem bałtyckim. Wychodząc z założenia, że oba te utwory powstały w czasie trwania tego samego okresu lodowego, przyjąłem (1954) wiek zlodowacenia środkowopolskiego dla całej terasy plejstoceńskiej Wieprza w okolicy Tarzyniechów. Na tej też podstawie wyraziłem przypuszczenie, że i krystynopolski poziom o wysokości dochodzącej do 9 m (J a h n 1948) jest — być może — tego samego wieku. Jeśli więc flora w Czumowie znajduje się — jak twierdzi J a h n — w terasie będącej przedłużeniem terasy krystynopolskiej, to w konsekwencji należałoby przyjąć, iż pochodzi ona z tego samego okresu lodowego co i krystynopolska, tj. środkowopolskiego.

W świetle przytoczonych różnic i kontrowersji, sprawa wieku niektórych poziomów plejstoceńskich w dolinie Bugu i Wieprza pozostaje nadal zagadnieniem otwartym, domagającym się pilnie szczegółowej analizy geomorfologicznej.

Obie flory, tj. krystynopolska i z Czumowa, nie dostarczają wielu wskazówek do rozważań stratygraficznych. Odznaczają się one wyraźną mikrofylią a składem gatunkowym uzupełniają się dając typowy obraz roślinności arktycznej tundry, rosnącej w niedalekim sąsiedztwie czoła lądolodu.

Z typowo arktycznym charakterem całości flory krystynopolskiej zdaje się pozostawać w sprzeczności obecność na jej liście dwóch krzewów, a mianowicie *Betula humilis* S c h r k. i *Alnus viridis* (C h a i x) L a m. et DC. (= *Alnobetula viridis* S a l i s b.) (S z a f e r 1912).

Krystynopolska *Betula humilis* została oznaczona z zastrzeżeniem na podstawie jednej tylko łuski owocowej, znalezionej w samym spagu pokładu ilów glacialnych o całkowitej miąższości wynoszącej 11.80 cm. Z ich stropu natomiast pochodzi drewno olszy zielonej (*Alnus viridis*), mającej w Krystynopolu swe dotychczas jedyne stanowisko plejstoceńskiego wieku i to nie tylko w Polsce, ale i w całej Europie środkowej

(F i r b a s 1949). Jeśli owa łuska owocowa należy rzeczywiście do borealnej w swym ogólnym zasięgu *Betula humilis*, nie zaś do częstej w Krystynopolu *Betula nana*, to jej tu obecność, jak również *Alnus viridis*, można by wytłumaczyć w sposób następujący.

Stwierdzenie *Betula humilis* tylko w spągu grubego pokładu iłów a *Alnus viridis* tylko w ich stropie, nasuwa przypuszczenie, że krzewy te są śladem pasa tundry krzewiastej, jaka występowała w Krystynopolu przed zbliżeniem się lądolodu do brzegów Wyżyny Lubelskiej oraz po jego cofnięciu się na północ. W okresie pośrednim, na który przypada maksymalny zasięg lądolodu i utworzenie się zastoiska, panującym typem roślinności była tu niewątpliwie tundra arktyczna, pozbawiona wyżej wymienionych krzewów.

W świetle tej interpretacji okazuje się, jak doniosłe znaczenie dla poznania roślinności tundry periglacialnej mają badania prowadzone w obrębie całego pokładu utworów glacialnych, nie zaś tylko w poziomach zawierających duże ilości szczątków roślinnych, jak to często ma miejsce.

Z wyjątkiem *Betula humilis* i *Alnus viridis* oraz mało istotnych gatunków, takich jak: *Potamogeton pusillus* L. i *Carex Goodenoughii* G a y., wszystkie inne rośliny kwiatowe podane z Krystynopola i Czumowa wchodzą w skład flory dryasowej z Tarczyniechów nad Wieprzem (Ś r o d o ń 1954). Ta ostatnia jest najbogatszą listą gatunków, co jednak nie jest wynikiem istotnych różnic w roślinności, lecz wiąże się z ilością zbadanego materiału, który w przypadku Tarczyniechów był bardzo duży².

Z Wyżyny Lubelskiej znamy więc dotychczas trzy równowiekowe — moim zdaniem — flory glacialne, reprezentujące swoim składem podobny typ roślinności tundry arktycznej, jaka porastała brzegi lub bliskie sąsiedztwo zastoisk lodowcowych, utworzonych w preglacialnych dolinach w czasie transgresji lądolodu środkowopolskiego.

Niewątpliwie odmienna składem roślinność tundrowa występowała równocześnie poza dolinami rzek na ekologicznie różnych siedliskach, położonych na działach wodnych i wysoczyznach terenowych. Tego rodzaju siedliska, podlegające zazwyczaj intensywnym procesom soliflukcyjnym, są reprezentowane na Wyżynie Lubelskiej przez stropowe poziomy profilu w Nowinach Żukowskich, opracowane metodą analizy pyłkowej przez D y a k o w s k ą (1952). Wyniki badań palynologicznych nie są porównywalne z wynikami opartymi wyłącznie na analizie szczątków makroskopowych, jak to ma miejsce w przypadku Krystynopola, Tarzy-

² Wśród szczątków flory krystynopolskiej przechowywanych w zbiorach Instytutu Botanicznego UJ w Krakowie znajdują się, nie podane dotychczas z tego stanowiska, części torebki nasiennej *Helianthemum cf. alpestre* (J a c q.) DC.

miechów i Czumowa. Niemniej należy tu odnotować, że w Nowinach Żukowskich, położonych poza doliną Wieprza i około 50 m powyżej jego terasy plejstocénskiego wieku, mamy florę glacialną z maksymalnej — jak twierdzi R ü h l e (1952) — fazy zlodowacenia środkowopolskiego. W składzie tej flory występują obok *Dryas octopetala* (liście) i *Selaginella selaginoides* przede wszystkim znaczne procenty ziarn pyłku krzewinkowych brzoź i wierzb oraz różnogatunkowych piołunów (*Artemisia*) i traw (*Gramineae*). Szczegółowe zbadanie warstw zawierających florę glacialną w Nowinach Żukowskich na zawartość szczątków makroskopowych mogłoby prawdopodobnie dostarczyć podstaw do wyróżnienia sąsiadujących, lecz składem flory odmiennych zbiorowisk tundry tego samego okresu lodowego.

STRESZCZENIE

Analiza paleobotaniczna niewielkiej próbki mułku lessowego, pochodzącej z plejstocénskiej terasy Bugu w Czumowie, dała w wyniku nowe stanowisko kopalnej flory glacialnej na Wyżynie Lubelskiej. Przez porównanie z sytuacją geologiczno-stratygraficzną poznanych dotychczas w dolinach Bugu i Wieprza flor glacialnych (Krystonopol, Tarzymiechy) przyjęto, że mułki lessowe z Czumowa i zawarte w nich szczątki flory arktycznej pozostają w przyczynowym związku z transgresją zlodowacenia środkowopolskiego (= R i s s).

Z okresem tym wiąże się również kopalna flora tundry odkryta w stropowych poziomach interglacialnego osadu wieku Mindel-Riss w Nowinach Żukowskich. Flora ta, ze względu na swe położenie poza doliną Wieprza, reprezentuje prawdopodobnie odmienny typ roślinności, jaka w tym samym okresie występowała na działach wodnych i wysoczyznach terenowych.

*Instytut Botaniczny
Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie*

(Wpłynęło dn. 25.II.1955 r.)

S U M M A R Y

Thanks to prof. dr A. J a h n I have received for investigations a small (100 cm³) sample of stratified glacial silts with pelitic-fine-grained structure containing rich remains of the *Dryas*-flora (listed on p. 627-28), beetles and molluscs¹. This sample of loess-like silt was taken at Czumów near Hrubieszów (East Poland) from the Pleistocene terrace elevated 11 m above the river Bug and covered by a layer of valley

¹ The species of mosses were determined by prof. dr B. S z a f r a n, the fruit of *Potamogeton filiformis* Pers., by prof. dr J. M a d a l s k i. The results of investigations on beetles and molluscs remnants shall be published by prof. dr S. S m r e c z y ŋ s k i and prof. dr J. U r b a ŋ s k i separately.

loess 5—6 m thick. According to Jahn (1952 and a letter informations) this terrace is on the same level as the Krystynopol terrace containing the *Dryas*-silt with the flora described by Szafer (1912).

Taking into account the geology of the glacial silts locality at Tarzymiechy on the river Wieprz (Środoń 1954) situated on the same Lublin Upland not so far from Czumów, I am inclined to accept the age of middle-Polish glaciation (Varsovien I = Riss) for the *Dryas*-floras from Krystonopol, Tarzymiechy and Czumów.

The deposition of these glacial floras is associated with the accumulation of silt in the stagnat ice-dammed waters in the valleys of the rivers Wieprz and Bug.

On the Lublin Upland we have one more locality with the evidence of treeless glacial tundra with *Dryas octopetala* and *Selaginella selaginoides* in the upper layers of the Mindel-Riss interglacial deposits at Nowiny Żukowskie situated outside the valley of the river Wieprz (Dyakowska 1952). These layers studied by the palynological method were also formed during the transgression of the Riss glaciation.

L I T E R A T U R A

- Dyakowska J., 1952, Roślinność plejstocénska w Nowinach Żukowskich, Biul. Inst. Geol. 67; 115—181.
- Firbas F., 1949, Spät—und nacheiszeitliche Waldgeschichte Mitteleuropas nördlich der Alpen. 480. pp. Jena, G. Fischer.
- Jahn A., 1948, Utwory czwartorzędowe i morfologia doliny Bugu pod Sokalem, Kosmos 65; 9—58.
- Jahn A., 1952, Materiały do geologii czwartorzędu północnej części arkusza 1:300 000, Zamość, Biul. Inst. Geol. 66; 407—470.
- Klimaszewski M., 1952, Zagadnienia plejstocenu południowej Polski, Biul. Inst. Geol. 65; 137—268.
- Rühle E., 1952, Profil geologiczny utworów plejstocénских w Nowinach Żukowskich, Biul. Inst. Geol. 67; 99—114.
- Szafer W., 1912, Eine Dryas-Flora bei Krystynopol in Galizien, Bull. Intern. d. l'Acad. d. Sc. d. Cracovie B; 1103—1123.
- Szafer W., 1928, Entwurf einer Stratigraphie des polnischen Diluviums auf floristischer Grundlage, Roczn. Polsk. Tow. Geol. 5; 3—15.
- Szafer W., 1945, Kopalnia Armeria w plejstocenie europejskim ze szczególnym uwzględnieniem plejstocenu w Polsce, Starunia 20; 1—31.
- Szafer W., 1946, Zarys historii rozwoju flory Holarktydy, Roczn. Polsk. Tow. Geol. 16; 179—242.
- Szafran B., 1952, Mchy plejstocénские Polski i sąsiednich obszarów wschodnich, Biul. Inst. Geol. 68; 5—38.
- Środoń A., 1954, Flory plejstocénские z Tarzymiechów nad Wieprzem, Biul. Inst. Geol. 69; 5—78.

Pterocarya c. f. fraxinifolia Spach. w polskim plejstocenie

Pterocarya c. f. fraxinifolia Spach. in the Polish Pleistocene

A. SRODON

W 1934 r. K. Schubert odkrył w Gościęcinie koło Koźła, pomiędzy dwoma pokładami gliny morenowej, 8,5-metrową warstwę interglacialnej gytii z licznymi szczątkami roślin i zwierząt. To interesujące stanowisko plejstocenu nie zostało dotychczas należycie opracowane. Z tego też względu Instytut Geologiczny, mając na uwadze jego pozycję stratygraficzną oraz położenie daleko na południu u podnóża Sudetów, wykonał w Gościęcinie specjalne wiercenie badawcze dla uzyskania materiału do szczegółowych badań paleobotanicznych. Pełne ich wyniki ukażą się w Biuletynie Instytutu Geologicznego. Obecnie ograniczam się jedynie do podania krótkiej wiadomości o odkryciu tam w maju 1953 r. *Pterocarya c. f. fraxinifolia*.

W trakcie badania osadu interglacialnego z Gościęcina metodą analizy pyłkowej stwierdziłem w 5 próbkach ziarna pyłku *Pterocarya* sp. należące prawdopodobnie do gatunku *P. fraxinifolia* Spach. (= *P. pterocarpa* (Michx.) Kuntz.). Wielkość i cechy morfologiczne pyłku znalezione w ilości do 4%, są tak charakterystyczne i powszechnie znane, że ich oznaczenie rodzajowe nie może budzić żadnych wątpliwości.

Ukończony już diagram pyłkowy gytii z Gościęcina reprezentuje skład roślinności typowy dla interglacjału mazowieckiego (Mindel-Riss) we wszystkich jego cechach rozpoznawczych. *Pterocarya* brała udział w budowie lasu o spektrum pyłkowym grabowo-jodłowym z domieszką sosny i świerka. Rozwój tego lasu przypada w tym interglacjale na młodszą część odcinka optimum klimatycznego.

Ta diagnoza stratygraficzna pozostaje w zgodzie z sugerowanym już przez Schuberta (l. c.) wiekiem tego osadu, uzyskanym głównie na podstawie kryteriów geomorfologicznych.

Pterocarya nadaje temu okresowi plejstocenu jeszcze jeden reliktowy rys trzeciorzędowy oraz wzbogaca listę gatunków jemu właściwych, tj. takich, które w Europie północnej nie przetrwały zlodowacenia środkowopolskiego.

Należą do nich następujące gatunki i rodzaje roślin: *Tsuga* sp., *Abies Fraseri*, *Picea omorikoides*, *Juglans* sp., *Vitis silvestris*, *Euryale ferox*, *Osmunda Claytoniana* i *Azolla filiculoides*. Ziarna pyłku *Pterocarya* sp. zostały ostatnio stwierdzone w Polsce w dwóch jeszcze innych florach plejstocenijskich wieku interglacjału mazowieckiego, a mianowicie we Włodawie nad Bugiem (Stachurska 1955) i w Olszewicach nad Pilicą (Sobolewska, rękopis).



Plejstocenijskie stanowiska *Pterocarya fraxinifolia* Spach. w Europie oraz jej rozmieszczenie współczesne (Ilińska 1953).
The Pleistocene localities of *Pterocarya fraxinifolia* Spach. in Europe and its present distribution (Ilińska 1953).

W składzie roślinności pliocenu europejskiego i jego pogranicza z czwartorzędem *Pterocarya* występowała często, jak o tym świadczą liczne jej stanowiska kopalne (Szafer 1947). Z plejstocenu drzewo to jest nam znane dotychczas jedynie z trawertynów w Cannstatt koło Stuttgartu (liście), dla których przyjmowany jest również wiek interglacjału Mindel-Riss (Bertsch 1927). Wszystkie więc dotychczas poznane stanowiska plejstocenijskie są równowiekowe, a ponieważ występują w dość znacznych od siebie odległościach, przeto można przypuścić, że *Pterocarya* posiadała w tym czasie jeszcze dość rozległy zasięg niżowy w Europie. Dopiero w wyniku surowego pod względem klimatycznym zlodowacenia środkowopolskiego (Riss) musiała ona ustąpić z europejskich terytoriów.

Centrum swego współczesnego rozmieszczenia posiada *P. fraxinifolia* w Transkaukazji, w środkowym Kaukazie i Armenii oraz w północnym Iranie (por. ryc. 1). Na stanowiskach tych nie przekracza ona izohypsy 750 m n. p. m. (I l i n s k a 1953).

STRESZCZENIE

Autor komunikuje o odkryciu w Gościęcinie k. Koźła w osadach wieku interglacjału mazowieckiego (Mindel-Riss) ziarn pyłku *Pterocarya c. f. fraxinifolia* Sp a c h. oraz — uwzględniając inne stanowiska kopalne — dochodzi do wniosku, że drzewo to posiadało jeszcze w tym okresie plejstocenu dość rozległy zasięg niżowy w Europie północnej.

Instytut Botaniczny
Uniwersytetu Jagiellońskiego
w Krakowie

(Wpłynęło dn. 25.II.1955 r.)

SUMMARY

K. S c h u b e r t was the first who, in the year 1934, discovered the interglacial lake deposits (gyttja) rich in micro and macro-fossils at Gościęcin (Kostenthal) near Koźle in the Sudetic Mts. foreland. New investigations of these deposits with the help of the pollen statistical method brought to light the occurrence of the pollen of *Pterocarya* sp. (probable *P. fraxinifolia* Sp a c h.) up to 4%. The pollen diagram from Gościęcin just finished indicates unquestionably that the investigated gyttja was deposited during the Mindel-Riss Interglacial. *Pterocarya* appears when the curves for *Carpinus* and *Abies* attain their maxima.

Pterocarya pollen has been recently found in Poland in two other Pleistocene deposits also of the same age (S t a c h u r s k a 1955, S o b o l e w s k a manuscript). Taking into account the Mindel-Riss locality of *Pterocarya* at Cannstatt near Stuttgart (B e r t s c h, 1927) we may agree, that this forest-tree common in the Pliocene floras of Europe outlived there the Mindel glaciation and during the following Interglacial was still widely distributed.

LITERATURA

- B e r t s c h K., 1927, Die diluviale Flora des Cannstatter Sauerwasserkalks, Zeitschr. f. Bot. 19; 641—659.
- I l i n s k a J. A., 1953, Monografia rodzaju *Pterocarya* Kunth. Trudy Botan. Instit. im. W. Ł. Komarowa, Akad. Nauk SSSR. 10; 7—123.
- S c h u b e r t K., 1934, Das Interglazial von Kostenthal im Kreise Cosel OS. im Lichte des Eiszeitproblems. Jber geol. Ver. Oberschl. Gleiwitz.
- S o b o l e w s k a M., (rękopis), Plejstocenska flora z Syrnika nad Wieprzem.
- S t a c h u r s k a A., 1955, *Pterocarya* w interglacjałach Włodawy, Acta Soc. Bot. Pol. 24 str.
- S z a f e r W., 1947, Flora pliocenska z Krościenka n/Dunajcem. Cz. II. Rozpr. Wydz. mat.-przyr. PAU. 62 B; 163—375.

Wpływ 2,4 D na niektóre enzymy komórek szparkowych

The Action of 2,4 D on Some of the Enzymes of the Stomatal Cells

W. MACIEJEWSKA-POTAPCZYK

Jednym z przejawów porażenia roślin przez 2,4 D zastosowanym w stężeniach większych jest zamknięcie się szparek.

Jeżeli poddać obserwacji mikroskopowej preparaty z epidermy liści potraktowanych tym związkiem, to przekonać się można, że po spryskaniu liści hormonem w dużym (0,05 — 0,1%) stężeniu następuje dość szybko, bo po upływie 1/2 — 1 godziny zamknięcie szparek.

Jeżeli wycinki epidermy liścia umieścić bezpośrednio w 0,1% roztworze 2,4 D, to już po kilku minutach, a niekiedy nawet natychmiast można zauważyć zamknięcie się szparek.

Obserwacje te znajdują potwierdzenie w pracach M. F e r r i i A. L e x, którzy stwierdzili u szeregu roślin zamykanie się szparek pod wpływem większych stężeń heteroauksyn.

Cytowany przez tych autorów B o y s e n - J e n s e n na podstawie obserwacji zamykania się szparek pod wpływem 2,4 D wyprowadza wniosek, że traktowanie liści większymi stężeniami tego związku musi powodować zmiany w zawartości skrobii w komórkach szparkowych, ale obserwacje tego rodzaju nie były w ogóle przeprowadzane.

Procesy wpływające na zmiany turgoru w komórkach zamykających szparki i kierujące ich ruchami nie są jeszcze dostatecznie wyjaśnione.

Do niedawna uważało się dość powszechnie, że istotę ich stanowi przemiana skrobii w cukier i cukru w skrobię i w związku z tym odpowiednie zmiany w ciśnieniu osmotycznym w komórkach szparkowych.

Te procesy są jednak zbyt powolne, aby mogły tłumaczyć szybkie niekiedy zamykanie się szparek pod wpływem czynników zewnętrznych.

Niektórzy autorzy, jak W i l l i a m s i cytowani przez niego: G r e g o r y, H e a t h, K i s e l e w i inni, nie stwierdziwszy korelacji między zamykaniem i otwieraniem się szparek i przemianami skrobia — w cukier, są zdania, że procesy enzymatyczne nie leżą u podstaw zmian turgoru w komórkach zamykających, mających wpływ na mechanizm ruchów szparek.

W nowszych pracach dotyczących tego zagadnienia uwzględnia się takie czynniki, jak zmiany kwasowości aktualnej w komórkach zamykających szparkę, w związku z gromadzeniem się tam lub zanikaniem CO_2 ; kiedy kwasowość ta leży poza punktem izoelektrycznym zarodzi, wtedy wzrasta zdolność jej pęcznienia, co powoduje rozwarcie szparki; w punkcie izoelektrycznym zdolność pęcznienia zarodzi jest najmniejsza, wtedy następuje zamknięcie szparki.

Obok czynnika zmian kwasowości w komórkach szparkowych uznaje się w mechanizmie ruchów szparek za istotną aktualną równowagę między jonami K^+ i Ca^{++} w komórkach zamykających, mającą znaczenie dla przepuszczalności i uwodnienia komórek (Im m a m u r a 1951).

W pracy niniejszej poddano badaniom wpływ 2,4 D na działalność enzymów występujących w komórkach szparkowych, a pozostających w związku z syntezą i rozpadem skrobi, mianowicie amylazy i fosforylasy.

AMYLAZA

Nelly i współpracownicy, cytowani przez W o r t h a (1953), badając wpływ 2,4 D na działalność α i β -amylazy u fasoli stwierdzili, że związek ten znacznie obniża aktywność tych enzymów w łądęgach fasoli.

W pracy niniejszej badania nad wpływem 2,4 D na działalność amylazy w komórkach szparkowych przeprowadzono w sposób następujący:

Wycinki z epidermy liści badanych roślin umieszczano w płynie Lugola: stwierdzano w chloroplastach komórek szparkowych obecność skrobi. Następnie kilka ściętych liści tejże rośliny spryskiwano 0.1% roztworem 2,4 D, kilka zaś dla kontroli wodą. Liście wstawiano do wody i umieszczano w ciemności. Po pewnym czasie zarówno z epidermy liści kontrolnych, jak i spryskiwanych 2,4 D przygotowano preparaty, które umieszczono w płynie Lugola. Okazało się, że w komórkach szparkowych u liści kontrolnych niekiedy po 24 godzinach, a niekiedy dopiero po 3—4 dobach skrobia ulegała zanikowi (ujemna reakcja z płynem Lugola), co świadczy o działalności amylaz w tych komórkach. W preparatach zaś z roślin potraktowanych 2,4 D, na których szparki były zamknięte, wykryto nierozłożoną skrobię w chloroplastach komórek szparkowych (dającą dodatnią reakcję z odczynnikiem Lugola).

Skrobia ta utrzymywała się w ciągu szeregu dni.

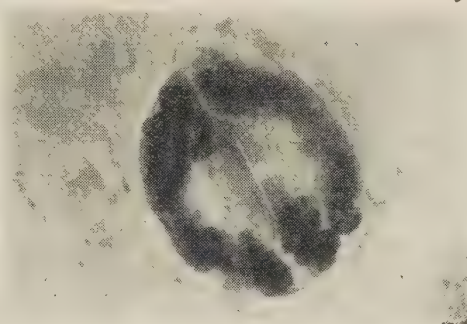
Doświadczenie tego rodzaju przeprowadzono na kilku roślinach: *Cirsium* sp., *Chenopodium* sp. i *Pelargonium* sp. zawsze z tym samym wynikiem.

Załączone fotografie ilustrują ten wynik.

Zaznaczyć trzeba, że uzyskanie okazów roślin kontrolnych, w których nie znaleziono by śladów skrobi w chloroplastach komórek szparkowych,



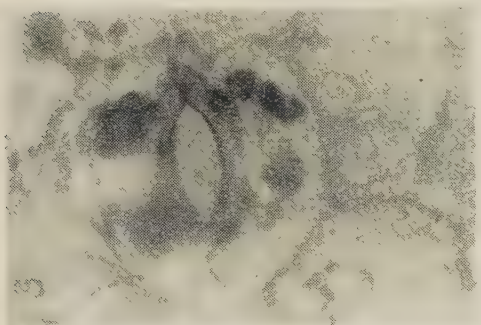
A



B

Ryc. 1. Fotografie preparatów epidermy *Pelargonium* sp. w bardzo słabym odczynniku Lugola; A — liści kontrolnych (na chloroplastach nie widać skrobii), B — liści spryskanych 2, 4 D (na chloroplastach komórek zamkniętej szparki skrobia występuje obficie).

Photographs of sections of the epiderm of *Pelargonium* sp. in a weak solution of Lugol's reagent. A — control leaves (chloroplasts without starch), B — leaves sprayed with 2, 4 D (chloroplasts of the closed cells with numerous starch grains).



A



B

Ryc. 2. Fotografie preparatów epidermy (umieszczonych poprzednio w środowisku estru Corich) w b. słabym odczynniku Lugola; A — liści kontrolnych (w chloroplastach skrobia występuje), B — liści spryskanych 2, 4 D (skrobia występuje tylko na niektórych chloroplastach zamkniętej szparki)

Photos of sections of the epiderm (previously immersed in a solution of the Coriester (in a weak solution of Lugol's reagent; A — control leaves (chloroplasts with starch), B — leaves sprayed with 2, 4 D (starch only in a small number of chloroplasts of closed stomatal cells).

jest bardzo trudne. Np. u pelargonii w jednym z doświadczeń skrobia występowała w chloroplastach komórek szparkowych jeszcze po 8 dniach przetrzymywania w ciemności, kiedy liście uległy już żółknięciu.

Z doświadczeń tych wynika, że aktywność amylaz zawartych w komórkach szparkowych ulega pod wpływem 2,4 D obniżeniu lub nawet zahamowaniu (ilościowe stwierdzenie różnic w aktywności amylaz w komórkach szparkowych liści kontrolnych i spryskiwanych hormonem stosowaną w tych doświadczeniach metodą nie jest możliwe).

FOSFORYLAZA

Obecność fosforylasy katalizującej odwracalną reakcję skrobia + fosforan $\rightleftharpoons$ jednofosforan glukozy (ester Corich) może być wykryta w komórkach roślinnych za pomocą mikrometody opracowanej przez Yin a i S u n a.

Metoda ta polega na tym, że preparaty z odskrobionych (przez przetrzymywanie w ciemności) zielonych tkanek roślinnych umieszcza się w środowisku estru Corich (1% roztwór estru Corich w buforze najlepiej octanowym o pH około 6 nasyconym toluolem).

Pojawienie się skrobii (którą wykrywamy płynem Lugola) w chloroplastach badanych komórek świadczy o działaniu fosforylasy syntetyzującej skrobię z jednofosforanu glukozy.

Na odskrobionych preparatach z epidermy liści tytoniu i fasoli, umieszczonych w 1% estrze Corich, Yin i T u n g stwierdzili bardzo intensywne tworzenie się skrobii w chloroplastach komórek szparek już po 4—5 godzinach.

Metodą powyżej opisaną przeprowadzono badania nad aktywnością fosforylasy w komórkach szparkowych epidermy liści spryskiwanych 2,4 D i liści kontrolnych.

Ester Corich do tego doświadczenia otrzymano metodą enzymatyczną, podaną między innymi przez B i e ł o z j e r s k i e g o, a polegającą zasadniczo na otrzymaniu estru przez działanie na substrat zawierający skrobię rozpuszczalną oraz Na_2HPO_4 i KH_2PO_4 wyciągiem z ziemiaka jako źródłem fosforylasy.

Do doświadczeń użyto liści tych samych roślin, co przy doświadczeniach z amylazą.

Liście poddano odskrobieniu, to znaczy doprowadzono do momentu, gdy nie stwierdzano już skrobii wykrywalnej odczynnikami Lugola w chloroplastach komórek szparkowych (trzeba zaznaczyć, że jednym z zasadniczych warunków zapoczątkowania procesu syntezy skrobii z estru Corich jest obecność śladów wielocukrowca, będącego jakby ośrodkiem zapoczątkowującym proces syntezy polegającej na wydłużeniu istniejącego już łańcucha cząsteczek glukozy).

Po odskrobieniu preparaty z epidermy badanych liści umieszczano jedne w wodzie, drugie w 0.1% roztworze 2,4 D na przeciąg 1:2 — 1 godziny, po czym przenoszono je do 1% roztworu estru Corich (w buforze octanowym o pH 6, nasyconym toluolem).

Po upływie 5—6 godzin preparaty przemywano wodą i umieszczano w płynie Lugola. Obserwacja mikroskopowa wykazywała, że w chloroplastach komórek szparkowych liści kontrolnych pojawiała się skrobia, wykrywająca się płynem Lugola, w chloroplastach zaś komórek szparkowych liści spryskanych 2,4 D skrobii nie stwierdzano.

Załączone fotografie ilustrują ten wynik.

Zaznaczyć trzeba, że w przypadku liści porażonych 2,4 D skrobia nie pojawiła się w chloroplastach komórek skórki nawet po 24 godzinach moczenia w estrze Corich.

Z doświadczenia powyższego wynika, że aktywność fosforylasy w komórkach szparkowych ulega pod wpływem 2,4 D obniżeniu względnie zahamowaniu.

Pomimo wyraźnie stwierdzonego hamującego działania 2,4 D na aktywność amylazy i fosforylasy w komórkach szparkowych nie można wnioskować, że istotą działania tego związku na zamykanie się szparek jest zahamowanie działania tych enzymów.

Zamykanie się bowiem szparek pod wpływem 2,4 D zachodzi u liści już po upływie 1/2—1 godziny i nie można go chyba tłumaczyć procesami syntezy czy rozkładu skrobi, które zachodzą znacznie wolniej.

Bardziej natomiast prawdopodobne wydaje się, że zmiany turgoru w komórkach szparkowych związane są z odwadniającym działaniem 2,4 D na komórkę roślinną.

Z danych Curriera i Hacketta wynika, że komórka reaguje na związki typu hormonów syntetycznych zwiększeniem lub zmniejszeniem (zależnie od stężenia stosowanego związku) uwodnienia.

W szeregu doświadczeń wykazał Currier, że 2,4 D zastosowany w większych stężeniach powoduje odwodnienie komórki przejawiające się koagulacją plazmy i pojawianiem się w niej ziarnistości oraz zwiększeniem przepuszczalności błony plazmatycznej i skurczeniem się całego protoplastu.

W pracy niniejszej obserwując pod mikroskopem komórki epidermy w roztworze 2,4 D, a także komórki szparkowe, stwierdzono w nich pojawianie się ziarnistości, co ilustrują załączone fotografie. Dla potwierdzenia, że 2,4 D działa na zwiększenie przepuszczalności błony plazmatycznej, wykonano doświadczenie z wycinkami buraka ćwikłowego, które po dokładnym opłukaniu umieszczono w 0,1% roztworze 2,4 D. Po niedługim czasie stwierdzono wydostawanie się antocjanu do otaczającego wycinki roztworu, czego nie zaobserwowano u wycinków kontrolnych, umieszczonych w wodzie. Doświadczenie to dowodzi zwiększenia przepuszczalności błon plazmatycznych komórek miękiszu buraka.

W celu stwierdzenia odwadniającego działania 2,4 D na tkankę roślinną wykonano doświadczenia z dokładnie odmierzonymi wycinkami kłąbów ziemniaka, które umieszczano: jedno w 0,1% roztworze 2,4 D, inne dla kontroli w wodzie.

Po kilku godzinach stwierdzono skurczenie się wycinków w roztworze hormonu w porównaniu z wycinkami w wodzie, które uległy nieznacz-nemu zwiększeniu. Po 24 godzinach doświadczenia skurczenie to było

bardzo wyraźne, co dowodzi, że komórki tkanki ziemniaka uległy pod działaniem 2,4 D odwodnieniu.

W oparciu więc o dane dotyczące działania 2,4 D na zwiększenie przepuszczalności plazmy oraz na odwodnienie komórek można przypuszczać, że podstawą działania tego związku na mechanizm szparkowy jest odwodnienie komórek i obniżenie turgoru dające w efekcie prawie natychmiastowe zamknięcie się szparek.

ZESTAWIENIE WYNIKÓW

W pracy niniejszej stwierdzono, że:

1. Spryskiwanie liści 0,1% wodnym roztworem soli sodowej 2,4 D powoduje stosunkowo szybkie zamknięcie się szparek.
2. Aktywność enzymów: amylazy i fosforylasy w komórkach szparkowych ulega pod wpływem tych stężeń 2,4 D zahamowaniu.
3. Takie stężenie 2,4 D powoduje zwiększenie przepuszczalności protoplastu komórki roślinnej i odwadnia go silnie.

Wydaje się, że pomimo stwierdzonego hamującego wpływu 2,4 D na aktywność enzymów pozostających w związku z syntezą i rozpadem skrobi w komórkach szparkowych, u podstaw mechanizmu działania tego związku na aparat szparkowy leży raczej odwadniające działanie hormonu prowadzące do zmiany turgoru w komórkach zamykających i dające w efekcie szybkie zamknięcie się szparek.

Praca niniejsza została wykonana w Zakładzie Fizjologii Roślin Uniwersytetu Łódzkiego. Kierownikowi Zakładu panu prof. drowi W. Mo y c h o składam serdeczne podziękowanie za cenne wskazówki oraz opiekę nad pracą.

Zakład Fizjologii Roślin
Uniwersytetu Łódzkiego

(Wpłynęło dn. 10.II.1955 r.)

S U M M A R Y

1. The spraying of the leaves with a 0,1% aqueous solution of the sodium salt of 2,4 D causes a relatively rapid closing of the stomata.
2. The activity of amylase and phosphorylase in the stomatal cells is inhibited by 0,1% solution of 2,4 D.
3. The same concentration of 2,4 D increases the permeability of the protoplasm of the plant cell and dehydrates it strongly.

It seems that in spite of the inhibiting influence of 2,4 D on the activity of amylase and phosphorylase a quick closing of the stomata is caused rather by the dehydration of the protoplasm, which leads to changes in the turgor of the stomatal cells.

L I T E R A T U R A

- Alvim P., 1952. The influence of the green mezophyll in stomatal movement, *Plant Physiology* nr 1.
- Biełozjerski A. i Proskuriakow N., 1954, Ćwiczenia z biochemii roślin (tłum. z rosyjskiego) Warszawa, str. 49—51.
- Currier H., 1949, Responses of plant cells to herbicides, *Plant Physiology* nr 5.
- Curtis O., Clark D., 1950, An introduction to plant physiology. N. York, Toronto, London, str. 209—233.
- Ferri M., Lex A., 1948, Stomatal behaviour as influenced by treatment with β -naphthoxyacetic acid, *Contributions from Boyce-Thompson Institute* nr 5.
- Hackett D., 1952, The osmotic change during auxin induced water uptake by potato tissue. *Plant Physiology* nr 2.
- Imamura, Schun - Ichiro, 1951, Untersuchungen über den Mechanismus der Turgorschwankung der Spaltöffnungsschliesszellen 1943, *Japanese Jour. Bot.* 12 (3/4) (praca cyt. *Biological Abstracts* 1951 Vol. 25, nr 10).
- Rabinowitch E., 1945, Photosynthesis and related processes, N. York t. I, str. 47 i str. 334.
- Rubin B., 1954, *Fizjologija rastenij*, Moskwa, str. 105—113.
- Worth D., Cowie L., 1953, The effect of 2,4 dichlorophenoxyacetic acid on phosphorylase, phosphatase, amylase, catalase and peroxidase activity in wheat, *Plant Physiology* nr 1.
- Williams W. T., 1952. Studies in Stomatal Behaviour. II The role of starch in the light response of stomata Part. 3. Quantitative relationships in *Pelargonium* *Journal of Experimental Botany*, Oxford Vol. 3, str. 110—127.
- Williams W. T. 1952, Studies in Stomatal Behaviour. II The role of starch in the light response of stomata Part 4. Variation under constant conditions *Journal of Experimental Botany*, Oxford Vol. III, str. 424—429.
- Yin H., Sun C., 1947, Histochemical method for the detection of phosphorylase in plant tissues, *Science*, Vol. 105, 650.
- Yin H., Tung Y., 1948, Phosphorylase in Guard Cells, *Science* Vol. 108, nr 2795.

Obserwacje nad wpływem głodzenia na jądro i jąderko u *Lupinus albus* L. i *Lupinus luteus* L.

*Observations sur l'influence du jeûne sur le noyau et le nucléole
chez Lupinus albus L. et Lupinus luteus L.*

M. J. OLSZEWSKA

WSTĘP

M a i g e (1922) stwierdził stopniowe zmniejszanie się jąder w zarodkach fasoli pozbawionych liścieni i pozostawionych na wodzie destylowanej. Obserwacje te, prowadzone w przeciągu kilku dni, wykazały, że w tych warunkach jąderko zmniejsza się szybciej niż jądro. W dalszych doświadczeniach M a i g e (1923, a, b, c) stwierdził, że wyższa temperatura otoczenia (np. 35°C) przyspiesza proces zmniejszania się jądra i jąderka. Podobne rezultaty dotyczące zmniejszania się jądra i jąderka podczas głodzenia rośliny i w zależności od temperatury uzyskał M a i g e dla pędu ziemniaka (1923 d, e). Na podstawie tych doświadczeń M a i g e wysuwa szereg wniosków: 1) w stałych warunkach fizjologicznych i w stałej temperaturze jądro i jąderko komórek nie dzielących się zachowują te same wymiary; 2) przy zmianie warunków fizjologicznych lub temperatury jądro i jąderko zmieniają swą wielkość aż do ustalenia się nowych warunków; 3) zmniejszenie się jądra przy głodzeniu rośliny związane jest z ubytkiem wszystkich jego elementów jako wynikiem dominowania procesów desasymilacyjnych nad asymilacyjnymi.

Zagadnienie wpływu głodzenia na wielkość i strukturę jądra i jąderka podjął w ostatnich latach H o c q u e t t e wraz ze swymi współpracownikami. H o c q u e t t e i P r u d h o m m e (1952 b) stosując podobną technikę, jak uprzednio M a i g e, potwierdzili na zarodkach fasoli obserwacje M a i g e'a, dotyczące zmniejszania się jądra i jąderka pod wpływem głodzenia. H o c q u e t t e i P r u d h o m m e (l. c.) przeprowadzili także obserwacje nad zmianami spowodowanymi przez głodzenie w elementach strukturalnych jądra. Stwierdzili oni, że u roślin głodzonych powiększa się w jąderku obszar mniej chromofilny; chromocentry stają się mniejsze, a liczba ich zmniejsza się do 7—8 (u roślin kontrolnych jest 23—36 chromocentrów); bardzo rzadko spotykali chromocentry połączo-

ne z jądrem, które są zjawiskiem normalnym u roślin kontrolnych; obniżona jest zdolność jądra do chłonięcia barwników.

Hocquette, Montreuil i Serge (1952) zbadali zmiany w zawartości fosforu kwasów nukleinowych, zachodzące pod wpływem głodzenia w hypokotylu fasoli. Stwierdzili oni, że w trakcie kiełkowania i rozwoju zarodków nie głodzonych poziom fosforu KRN¹ obniża się nieznacznie, podczas gdy fosfor KDN pozostaje bez zmian. W hypokotylach roślin głodzonych, tj. pozbawionych liścieni i rozwijających się na wodzie destylowanej, następuje szybsze i większe obniżenie zawartości fosforu KRN przy zachowaniu stałego poziomu fosforu KDN².

W pracy poświęconej zmianom zawartości azotu Hocquette i Bustræen (1953) stwierdzili, że w hypokotylach fasoli podczas głodzenia następuje ubytek azotu zawartego w związkach organicznych na korzyść azotu związków nieorganicznych.

Hocquette i Hocquette (1953) posługując się techniką barwienia May-Grünwalda i Giemsy (przy tej metodzie — cytuję za tymi autorami: „Des testes ont permis de rapporter la coloration violet-rouge à la présence de désoxyriboprotéines, la coloration bleue à celle de ribonucléoprotéines“) stwierdzili, że podczas głodu u *Phaseolus* i *Cucurbita* chromocentry przechodzą od zabarwienia niebieskawego do bladoczerwonego, co według tych autorów potwierdza poprzednie obserwacje dotyczące zaniku KRN, a utrzymywania się stałego poziomu KDN, podczas głodzenia rozwijającego się zarodka fasoli.

Konarew (1953) w głodzonych przez 12 dni kiełkach grochu stwierdził ubywanie KRN i KDN. Zanikanie KRN rozpoczynało się od zewnętrznych części łodygi i stopniowo przesuwało się do wnętrza łodygi, a w kierunku pionowym — od podstawy łodygi do wierzchołka.

W 1953 r. przeprowadziłam szczegółowe pomiary jąder i jąderek w korzeniach i hypokotylach kiełkujących roślin *Lupinus albus* L. i *L. luteus* L., pozbawionych liścieni (Olszewska 1953). Pomiary były dokonywane co 24 godz. przez 15 dni. Stwierdziłam wtedy stałe i systematyczne zmniejszanie się wymiarów jąderek, a także — lecz w mniejszym stopniu — zmniejszanie się wymiarów jąder.

MATERIAŁ I METODY

Nasiona *Lupinus albus* i *L. luteus* kiełkowały w ciemności na wodzie destylowanej w temperaturze 18—21°C. Po upływie 2—3 dni, kiedy korzonek u *Lupinus albus* osiągnął długość ok. 1 cm, u *L. luteus* ok. 0,75 cm, odcinałam od zarodków liścienie i umieszczałam zarodki w sterylizowa-

¹ Kwas ribonukleinowy.

² Kwas desoksyribonukleinowy.

nym piasku, zwilżanym wodą destylowaną, w ciemności, w temper. 18—21°C. (Użycie piasku zamiast bibuły stosowanej przez cytowanych wyżej autorów wydało mi się bardziej właściwe ze względu na możliwość utrzymania roślin w pozycji pionowej).

Po upływie 15 dni głodzenia zarodków utrwalalam korzenie i części podliścieniowe w płynach Nawaszina, Helly i Bendy (bez kwasu octowego). Po przeprowadzeniu do parafiny sporządzałam skrawki mikrotomowe grubości 5 μ . Preparaty były barwione hematoksyliną żelazową Heidenhaina, zielenią metylową i pyroniną oraz były poddawane reakcji Feulgena (jąderka zabarwiałam zielenią świetlistą).

Ekstrakcję KRN przeprowadzałam za pomocą 10% kwasu nadchlorowego (według wskazówek Ericksona, Saxa i Ogura, 1949). Dla mojego materiału, utrwalanego w płynie Helly, ustaliłam, że okres trawienia powinien trwać 11 godz. w temp. 18°C. Preparaty kontrolne były umieszczane w tym samym czasie i w tej samej temperaturze w wodzie destylowanej.

BADANIA WŁASNE

Obserwacje nad zmianami zachodzącymi pod wpływem 15 dniowego głodzenia w składnikach morfotycznych jądra *Lupinus albus* L. i *L. luteus* L. przeprowadzałam w kilku kierunkach, a mianowicie: zmiany w ilości i wielkości euchromocentrów, zmiany zachodzące w kariolimfie, zachowanie się euchromocentrów jąderkowych. Robiłam również próby wywołania w głodzonych tkankach mitoz, aby zaobserwować ewentualne zmiany w ich przebiegu.

W okresie 15 dni głodzenia kielki łubinów wzrastają przeszło dwukrotnie; osiągają one długość 2,5 do 3 cm. Od 6—8 dnia głodzenia zanikają mitozy. Merystemy wierzchołkowe zmieniają swój charakter: zachodzi silna wakuolizacja komórki — występuje jedna centralna wakuola, która spycha jądro do rogu komórki. Komórki są większe niż w merystemach roślin nie głodzonych, a ich jądra, a przede wszystkim jąderka, są dużo mniejsze. Część zróżnicowana korzenia znajduje się bliżej wierzchołka niż u roślin normalnych.

Pod wpływem głodzenia trwającego 15 dni w korzeniach i hypokotylach obu gatunków łubinu następuje zmniejszenie średnicy jądra o około 25%, natomiast przeciętna średnica jąderka zmniejsza się o przeszło 90% (Olszewska 1953).

Na materiale utrwalonym stwierdziłam, że poza zmniejszaniem się jąder następuje także zmniejszanie się i zanikanie euchromocentrów; kariolimfa jąder wierzchołka wzrostu nie barwi się ani hematoksyliną, ani odczynnikiem Schiffa. W niektórych jądrach obserwuje się powstawanie wakuol.

EUCHROMOCENTRY

U normalnie rosnących osobników łubinu białego najczęściej spotyka się w jądrach 26—30 euchromocentrów, przy czym w miarę różnicowania się tkanek, liczba euchromocentrów wzrasta (Olszewska 1954 b). Dla stwierdzenia, czy i w jakim stopniu zanikają euchromocentry w jądrach roślin głodzonych, wykonałam obliczenia zestawione na tablicy 1.

Tabela 1

Lupinus albus L. Liczba euchromocentrów (bez euchromocentrów jąderkowych) w jądrach roślin głodzonych

Le nombre d'euchromocentres (sans euchromocentres nucléolaires) dans les noyaux des plantes privées de nourriture

Tkanka Tissus	ilość jąder o liczbie euchromocentrów: la quantité de noyaux contenant le nombre d'euchromocentres:						
	poniżej 26 au dessous de 26	%	26—30	%	powyżej 30 au dessus de 30	%	Razem
Merystem wierzchołkowy korzenia Méristème racinaire	219	91,0	20	9	—	—	239
Strefa wydłużania korzenia Zone d'allongement de la racine	113	62,7	60	33,3	7	3,9	180
Miękisz kory pierw. hypokotyła Parenchyme de l'écorce primaire de l'axe hypocotylé	33	21,0	77	50,0	45	29,0	155
Czapeczka La coiffe	47	100,0	—	—	—	—	47

Dla porównania zestawiałam w tabeli 2 liczbę jąder o różnej ilości euchromocentrów u nie głodzonych i głodzonych osobników *Lupinus albus* L.

Jak wynika z tych danych, głodzenie wywołuje wybitny ubytek euchromocentrów. U roślin nie głodzonych w strefie wydłużania korzenia jest 80% jąder o 26—30 euchromocentrach, natomiast u głodzonych — zaledwie 33,3%. Podobnie w miękiszku hypokotyła obserwuje się mniejszy % jąder o liczbie euchromocentrów 26—30, a przede wszystkim mniejszy % jąder o liczbie euchromocentrów wyższej niż 30.

Tabela 2

Lupinus albus L. Liczba euchromocentrów (bez euchromocentrów jąderkowych) w jądrach roślin nie głodzonych i głodzonych

Le nombre d'euchromocentres (sans euchromocentres nucléolaires) dans les noyaux des plantes privées de nourriture et non privées

Tkanka Tissus	ilość jąder o liczbie euchromocentrów (w %) la quantité de noyaux contenant le nombre d'euchromocentres					
	u roślin nie głodzonych* chez les plantes non privées de nourriture			u roślin głodzonych chez les plantes privées de nourriture		
	poniżej 26 au dessous de 26	26—30	powyżej 30 au dessus de 30	poniżej 26 au dessous de 26	26—30	powyżej 30 au dessus de 30
Strefa wydłużania korzenia Zone d'allongement de la racine	12,0	80,0	8,0	62,7	33,3	3,9
Miękisz kory pierw. hypokotyła Parenchyme de l'écor- ce primaire de hypocotyle	5,0	52,0	43,0	21,0	50,0	29,0

*) W/g danych użykanych poprzednio (Olszewska 1954 b)

W tkankach nie głodzonego łubinu żółtego zwykle występuje około 50 euchromocentrów (Olszewska 1954 b). Na zmniejszonym wskutek głodzenia obszarze jądra euchromocentry te leżą ciasno obok siebie; z tego powodu nie mogłam dla roślin głodzonych wykonać tak szczegółowych obliczeń, jak u łubinu białego. Zawsze natomiast obserwowałam zanikanie przede wszystkim euchromocentrów najmniejszych i średnich (z trzech rodzajów euchromocentrów występujących u łubinu żółtego).

Rozpatrzenie tych danych pozwala na wysunięcie wniosku, że pod wpływem głodzenia następuje zanikanie euchromocentrów w jądrach obu gatunków łubinu; zanikanie to następuje we wszystkich badanych tkankach.

Jak wspomniałam wyżej, u *L. luteus* zanikają przede wszystkim euchromocentry najmniejsze i średnie; u *L. albus*, gdzie normalnie wszystkie euchromocentry są tej samej wielkości, obserwuje się zmniejszanie niektórych euchromocentrów, a inne zachowują normalną wielkość, lub też — co występuje rzadziej — równomiernie zmniejszają się wszystkie euchromocentry.

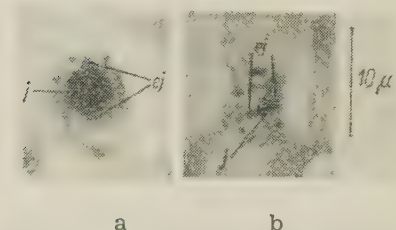
U roślin głodzonych wszystkie euchromocentry barwią się pod wpływem odczynnika Schiffa na kolor fioletowo-czerwony, zielenią metylową — na kolor niebiesko-zielony.

Jąderko

Jąderko ulega pod wpływem głodzenia bardzo wybitnemu zmniejszeniu. Zmiany w jąderku polegają na: 1) zmniejszaniu się średnicy jąderka, 2) zmniejszaniu się zdolności jąderka do chłonięcia barwników, 3) wakuolizacji jąderka.

Jak podałam wyżej, zmniejszenie średnicy jąderka pod wpływem głodzenia wynosi przeszło 90%. Liczba ta jest przeciętna — w wielu jądrach w ogóle jąderka nie ma. Dane dotyczące ilości jąder bez jąderek dla poszczególnych typów tkanek przedstawione są na tabeli 3 i 4.

U roślin głodzonych jąderko w merystemie korzeniowym ulega wybitnemu zmniejszeniu (ryc. 1 a i b). Natomiast w tkankach zróżnicowanych lub różnicujących się (w których u roślin nie głodzonych występują jąderka mniejsze niż w merystemach) pod wpływem głodzenia jąderka mogą zupełnie zanikać. A więc im mniejsze jąderko charakteryzuje daną tkankę (u roślin nie głodzonych), tym większy jest % jąder bez jąderka w tej samej tkance roślin głodzonych. Obserwacje te pozwalają na wysunięcie przypuszczenia, że ubytek masy jąderka pod wpływem głodzenia zachodzi (w przybliżeniu) w tym samym stopniu we wszystkich tkankach rośliny.



Ryc. 1. *L. albus* L. Jądra merystemu korzeniowego; a — u rośliny nie poddawanej głodzeniu, b — u rośliny głodzonej; j — jąderko, ej — euchromocentry jąderkowe.

Noyaux du méristème radicaire; a — d'une plante normale et b — d'une plante soumise au jeûne; j — nucléole, ej — euchromocentres nucléolaires.

Na ryc. 2 przedstawione są kolejne fazy zanikania jąderka w jądrach miękiszu kory pierwotnej hypokotyla *L. albus* (b — d); dla porównania pokazane jest jądro miękiszu kory pierwotnej hypokotyla rośliny nie głodzonej (a). Widać, że we wszystkich fazach zanikania jąderka zachowane są euchromocentry jąderkowe w typowej dla łubinu białego ilości i charakterystycznym kształcie.

Nie stwierdziłam, aby zniknięcie jąderka następowało w jakimś określonym miejscu badanego organu; spotyka się obok siebie komórki o dobrze zachowanym jąderku, jak na ryc. 2b i bez jąderka, jak na ryc. 2d.

Tabela 3
Lupinus albus L. Zestawienie liczby jąder bez jąderek
 Assortiment de la quantité de noyaux sans nucléoles

Tkanka Tissus	Liczba jąder — nombre de noyaux			
	jest jąderko le nucléole est présent	nie ma jąderka le nucléole n'est pas présent	%	razem
Merystem wierzch. korzenia Meristème raculaire	239	—	—	239
Strefa wydłużania korzenia Zone d'allongement de la racine	160	20	11	180
Miękisz kory pierw. hypokotyła Parenchyme de l'écorce primaire de l'axe hy- pocotylé	98	57	36	155
Czapeczka La coiffe	28	19	40	47

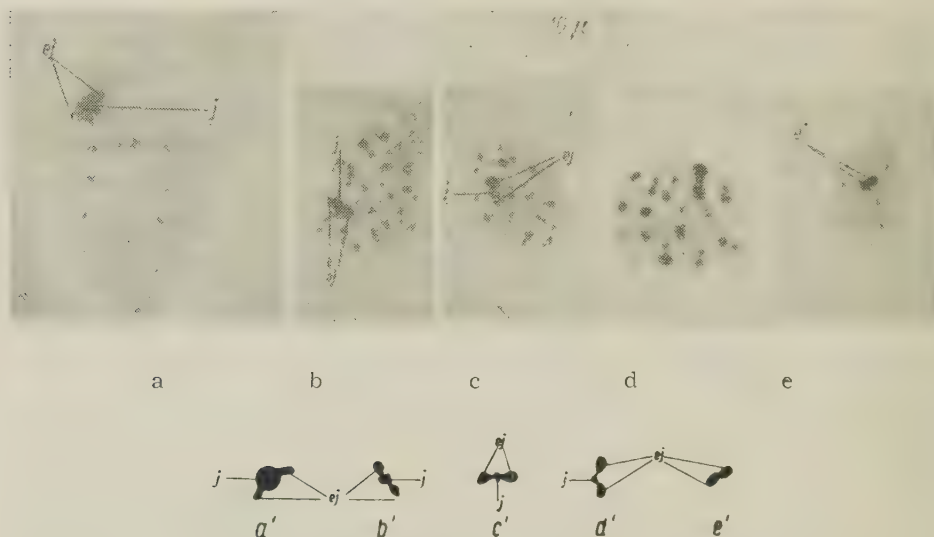
Tabela 4
Lupinus luteus L. Zestawienie liczby jąder bez jąderek
 Assortiment de la quantité de noyaux sans nucléoles

Tkanka Tissus	Liczba jąder — nombre de noyaux			
	jest jąderko le nucléole est présent	nie ma jąderka le nucléole n'est pas présent	%	razem
Merystem wierzch. korzenia Meristème raculaire	60	—	—	60
Strefa wydłużania korzenia Zone d'allongement de la racine	76	24	24	100
Miękisz kory pierw. hypokotyła Parenchyme de l'écorce primaire de l'axe hy- pocotylé	75	25	25	100

Jąderko roślin głodzonych słabo chłonie barwniki. Zielen światlista stosowana po reakcji Feulgena barwi je na kolor bladozielony, hematoksylina na kolor szary; pyronina na kolor bladoróżowy barwi stosunkowo

duże jąderka; bardzo małe jąderka często barwią się pyroniną na intensywny malinowo-czerwony kolor, podobnie jak jąderka roślin nie głodzonych.

Stosując metodę trawienia KRN stwierdziłam, że zabarwienie pyroniną na kolor od różowego do malinowo-czerwonego odpowiada tu obec-



Ryc. 2. *L. albus* L. Zanikanie jąderka w jądrach miękiszu kory pierwotnej hypocotyła roślin głodzonych. a i a' — u rośliny nie poddawanej głodzeniu, b i b' — e i e' u roślin głodzonych, b i b' — jąderko wielkości euchromocentrów jąderkowych; c, c', d, d' — jąderko o wiele mniejsze od euchromocentrów jąderkowych; e i e' — jąderka brak, euchromocentry jąderkowe przylegają do siebie, j — jąderko, ej — euchromocentry jąderkowe.

Disparition progressive du nucléole dans les noyaux du parenchyme de l'écorce primaire de l'axe hypocotylé des plantes soumises au jeûne. a et a' dans une plante qui n'était pas soumise au jeûne, b et b' — e et e' — dans une plante soumise au jeûne. b et b' — le nucléole d'une volume égale à celui d'euchromocentres nucléolaires; c, c', d, d' — le nucléole beaucoup plus petit que les euchromocentres nucléolaires; e et e' — le nucléole est absent, les euchromocentres nucléolaires accolés l'un à l'autre. j — nucléole, ej — euchromocentres nucléolaires.

ności KRN. Różna intensywność zabarwienia pyroniną jest prawdopodobnie wyrazem różnej koncentracji KRN: w jąderkach stosunkowo dużych KRN jest bardziej rozproszony (stąd zabarwienie pyroniną na kolor różowy), w jąderkach małych — koncentracja KRN jest wyższa (zabarwienie pyroniną na kolor malinowo-czerwony).

W preparatach traktowanych wymienionymi barwnikami spotyka się jąderka zupełnie nie przyjmujące barwnika; jąderko jest wtedy białawe o niewyraźnie zarysowanym konturze.

W niektórych jąderkach obserwowałam bardzo silną ich wakuolizację. Średnica jąderka jest wtedy stosunkowo duża; całe jego wnętrze wypeł-

nione jest homogenną substancją, która nie przyjmuje absolutnie żadnych barwników. Właściwa substancja jąderka jest wtedy zepchnięta na jego brzegi i występuje w postaci wąskiej otoczki wokół „wakuoli”. Otoczka ta barwi się dość intensywnie zielenią świetlistą, hematoksyliną i pyroniną. W preparatach świeżych, barwionych błękitem metylenowym, wakuola i otoczka jest również wyraźna.

Euchromocentry jąderkowe

U obu gatunków łubinu jąderku towarzyszą zwykle 2 euchromocentry jąderkowe (podobnie jak u nie głodzonych łubinów). Po zaniknięciu jąderka przez pewien czas pozostają one zetknięte ze sobą (ryc. 2 d), a następnie prawdopodobnie rozpraszają się na terenie jądra bądź zanikają, tak że nie można ich odróżnić od innych euchromocentrów.

W porównaniu z roślinami nie głodzonymi stwierdziłam wybitne zmniejszenie liczby jąder posiadających więcej niż 2 euchromocentry ją-

Tabela 5

Lupinus albus L. Liczba euchromocentrów jąderkowych w jądrach
roślin głodzonych
Le nombre d'euchromocentres nucléolaires dans les noyaux de plantes
privées de nourriture

Tkanka Tissus	Ilość jąder o liczbie euchromocentrów jąderkowych La quantité de noyaux contenant le nombre d'euchrom. nucléol								
	1	%	2	%	3	%	brak euchr. jąderkow.*) l'absence d'euchr. nuc.	%	razem
Merystem korz. Meristème rad.	40	19,6	164	80,4	—	—	—	—	204
Strefa wydłuż. korzenia Zone d'allong. de la racine	26	14,4	140	77,7	—	—	—	—	180
Miękisz kory p. hypokotyła Parenchyme de l'écor. prim. de l'axe hyp.	2	2,8	137	87,4	1	1,4	13	8,4	155
Czapeczka La coiffe	3	6,4	36	76,6	—	—	8	17	47

*) Brak euchromocentrów jąderkowych — oznacza to, że po zaniknięciu jąderka nie można ich odróżnić od innych euchromocentrów.

Tabela 6

Lupinus luteus L. Liczba euchromocentrów jąderkowych w jądrach
roślin głodzonych
Le nombre d'euchromocentres nucléolaires dans les noyaux de plantes
privées de nourriture

Tkanka Tissus	Ilość jąder o liczbie euchromocentrów jąderkowych La quantité de noyaux contenant le nombre d'euchrom. nucléol.								razem
	1	%	2	%	3	%	brak euchr. jąderk.*) l'absence d'euchr. nuclé.	%	
Merystem korz. Meristème rad.	9	15	48	80	—	—	3	5	60
Strefa wydłuż. korzenia Zone d'allong. de la racine	4	4	81	81	—	—	15	15	100
Miękisz kory p. hypokotyła Parenchyme de l'écorce prim. de l'axe hyp.	3	3	90	90	—	—	7	7	100

derkowe oraz nieznaczne zwiększenie ilości jąder z jednym euchromocentrem jąderkowym. U łubinu białego, gdzie normalnie występuje większa różnorodność w liczbie euchromocentrów jąderkowych niż u łubinu żółtego (np. w miękiszku kory pierwotnej hypokotyła 19,5% jąder posiada więcej niż 2 euchromocentry jąderkowe — Olszewska 1954 b), stwierdza się wyższy % jąder o 2 euchromocentrach jąderkowych. Wyniki obliczeń przedstawione są na tabeli 5 i 6.

Wakuolizacja jąder

Wymienionym wyżej zmianom w jądrze wywołanym przez głodzenie towarzyszą jeszcze pewne zaburzenia w kariolimfie: powstawanie wakuol. Początkowo wewnątrz jądra tworzy się mały pęcherzyk, który nie barwi się żadnymi stosowanymi przeze mnie barwnikami (rys. 3). Wa-



Ryc. 3. *L. albus* L. Jądro miękiszku kory pierwotnej hypokotyła rośliny głodzonej. Widoczna wakuola wewnątrz jądra (w), euchromocentry oraz jąderko z euchromocentrami jąderkowymi.

Noyau du parenchyme corticale de l'axe hypocotylé d'une plante soumise au jeûne. On discerne bien vacuole dans le noyau (w), les euchromocentres et le nucléole avec les euchromocentres nucléolaires.

kuola ta stopniowo powiększa się (rys. 4 a, b), w końcu może wypełnić całe wnętrze jądra (ryc. 4 c). Wakuole takie obserwuje się w jądrach o stosunkowo dużym jąderku (rys. 3), jak i w jądrach pozbawionych jąderka (rys. 4 b. c).



Ryc. 4. *L. albus* L. Jądra miękiszu kory pierwotnej hypokotyła u rośliny głodzonej. a — widoczna wewnątrz jądra wakuola, małe jąderko z euchromocentrami jąderkowymi; b — wakuola wewnątrz jądra, brak jąderka, euchromocentów jąderkowych nie można wyróżnić; c — wakuola zajmuje prawie cały obszar jądra. w — wakuola wewnątrz jądra.

Noyaux du parenchyme corticale de l'axe hypocotylé d'une plante soumise au jeûne. a — on voit une vacuole à l'intérieur du noyau, un petit nucléole avec euchromocentres nucléolaires; b — une vacuole dans le noyau, il n'y a pas de nucléole, on ne peut pas identifier d'euchromocentres nucléolaires; c — la vacuole occupe presque tout le territoire du noyau; w — vacuole à l'intérieur du noyau.

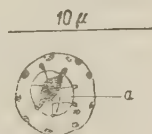
*

Wydało mi się rzeczą interesującą prześledzenie przebiegu mitozy w komórkach roślin głodzonych. Ponieważ po 15 dniach głodzenia mitozy już nie zachodzą, zastosowałam sól sodową kwasu α -naftylooctowego w roztworze wodnym w stężeniu 10^{-5} oraz pary estru metylowego tegoż kwasu, również w stężeniu 10^{-5} . 15 dniowe głodzone zarodki poddawałam działaniu tych związków przez 3, 5, 9 i 22 godz. Następnie utrwalalam wierzchołki korzenia i pędu oraz odcinek hypokotyła w płynie Nawaszina i po pokrojeniu na mikrotomie barwiłam hematoksyliną żelazową. Przy obserwacji zwróciłam szczególną uwagę na merystemy wierzchołkowe korzenia i łodygi oraz na kambium.

Pod wpływem wodnego roztworu soli sodowej kwasu α -naftylooctowego działającego przez 5, 9 i 22 godz. udało się uzyskać jedynie w merystemach wierzchołkowych obrazy przypominające wczesną profazę (rys. 5). Podobnie jak we wczesnej profazie u roślin nie głodzonych

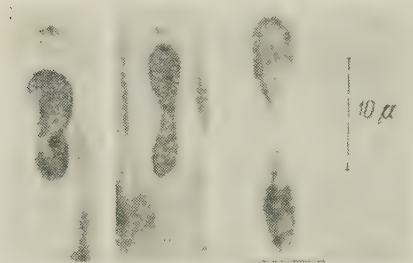
Ryc. 5. *L. albus* L. „Profaza“ w komórce merystemu korzeniowego rośliny głodzonej przez 15 dni, a następnie poddanej przez 22 godz. działaniu soli sodowej kwasu α -naftylooctowego w stężeniu 10^{-5} .

„Prophase“ dans une cellule du méristème racinaire d'une plante soumise au jeûne pendant 15 jours et traitée ensuite pendant 22 heures avec la solution du sel sodé d'acide α -naptylacétique à la concentration 10^{-5} .



(Olszewska 1954 b) widać poprzez aureolę otaczającą jąderko wydłużanie się euchromocentrów w połączeniu z jąderkiem w elementy nitkowate.

Roztwór soli sodowej kwasu α -naftylooctowego działający przez 3 godz. oraz pary estru metylowego tego kwasu żadnego widocznego wpływu nie wywarły.



Ryc. 6. *L. luteus* L. Kolejne stadia podziału amitotycznego jądra w kambium wiązkowym hypocotyła rośliny głodzonej.

Stades successifs de la division amitotique du noyau dans le cambium fasciculaire de l'axe hypocotylé d'une plante soumise au jeûne.

W wielu tkankach normalnie rosnących osobników *Lupinus albus* i *L. luteus* spotyka się komórki dwujądrowe oraz figury podziału amitotycznego jądra (Olszewska 1954 a). U roślin głodzonych amitozy spotkałam jedynie w kambium wiązkowym hypocotyła. Poszczególne stadia amitozy w kambium przedstawione są na ryc. 6.

DYSKUSJA

Obserwacje moje dotyczące zmniejszania się liczby euchromocentrów potwierdzają wyniki badań Hocquette i Prudhomme (1952 b) u *Phaseolus*; w moim materiale mimo dłuższego okresu głodzenia ubywanie euchromocentrów nie następowało tak szybko, jak u fasoli. Większe rozbieżności przedstawiają wyniki obserwacji dotyczące euchromocentrów jąderkowych, opisywanych przez Hocquette i Prudhomme (l. c.) pod nazwą „les corps annexées nucléolaires”. W tkankach głodzonej fasoli wymienieni autorzy spotykali ziarnistości te bardzo rzadko; u obu gatunków łąbinu natomiast euchromocentry jąderkowe okazały się jednym z elementów najbardziej odpornych na zmiany wywołane głodzeniem — można je było wyróżnić nawet po zniknięciu jąderka. Istnienie euchromocentrów jąderkowych w normalnej ilości i wielkości u roślin głodzonych nawet w jądrach pozbawionych jąderek wydaje się przeczyć twierdzeniu wielu autorów (m. in. także Hocquette i Prudhomme, 1952 a) uważających je wyłącznie za wytwory jąderka.

Zmniejszona zdolność barwienia się kariolimfy i jąderka zaobserwowana także przez Hocquette i Prudhomme (1952 b) u głodzonej fasoli jest dowodem zniknięcia z jądra i jąderka substancji, które praw-

dopodobnie zostały włączone w procesy o charakterze anabolicznym i nie zostały odtworzone.

Szybsze zmniejszanie się jąderka niż jądra w okresie głodzenia rośliny stwierdził *Maigé* (1922, 1923 a, b, c, d) u *Phaseolus* i *Solanum tuberosum*, *Hocquette* i *Prudhomme* (1952 b) u *Phaseolus* oraz *Olszewska* (1953) u *Lupinus albus* i *L. luteus*. Zmniejszanie się średnicy jąderka nie jest proporcjonalne do ubytku KRN, spotyka się bowiem jąderka stosunkowo duże, a pozbawione już KRN. Zanikanie KRN — proces tak charakterystyczny dla głodzonych roślin — opisywali również *Hocquette* i *Hocquette* (1953 i 1954) u *Phaseolus* i *Konarew* (1953) u *Pisum*.

Hocquette, *Montreuil* i *Serge* (1952), *Hocquette* i *Hocquette* (1953) oraz *Hocquette* (1954) stoją na stanowisku, iż mimo głodzenia zawartość KDN utrzymuje się na stałym poziomie. Nie dysponuję — jak *Hocquette*, *Montreuil* i *Serge* (l. c.) wynikami uzyskanymi drogą analizy ilościowej; moje dane, mające z jednej strony charakter morfologiczny, z drugiej — cytochemiczny (reakcja Feulgena, barwienie zielenią metylową), wskazywałyby, że jednak KDN także ulega zanikowi. Do podobnych wniosków dochodzi również *Konarew* (1953).

Nie zauważyłam w moim materiale, aby zanikanie jąderka, względnie KRN rozpoczynało się od jakiegoś określonego miejsca badanego organu, jak to podaje *Konarew* (1953). Wydaje się, że zmiany wywołane głodzeniem występują w podobnym nasileniu we wszystkich badanych tkankach łubinów.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

1. Stwierdzono ubywanie euchromocentrów w jądrach tkanek *Lupinus albus* L. i *L. luteus* L. głodzonych przez 15 dni; zanikanie euchromocentrów zachodzi we wszystkich badanych tkankach, tj. w merystemie korzeniowym, w strefie wydłużania korzenia, w miększu kory pierwotnej hypokotyli i w czepeczku.

2. Pod wpływem głodzenia jądro a szczególnie jąderko ulegają wybitnemu zmniejszeniu; w wielu jądrach jąderka nie spotyka się wcale.

3. Euchromocentry jąderkowe można wyróżnić dość długo, niekiedy nawet po zniknięciu jąderka.

4. Ubytek masy jąderka zachodzi w podobnym stopniu we wszystkich badanych tkankach.

5. Zmiany w jąderku — poza zmniejszaniem się jego średnicy — polegają na wakuolizacji jąderka i zmniejszaniu się zdolności jąderka do chłonięcia barwników.

6. Na podstawie wyników reakcji Feulgena oraz barwienia zielenią metylową i pyroniną połączonego z ekstrakcją KRN stwierdzono, że pod wpływem głodzenia następuje ubytek, a nawet całkowity zanik KRN w jąderku, natomiast poziom KDN prawdopodobnie nieco się obniża.

7. U roślin głodzonych kariolimfa wykazuje zmniejszoną zdolność do chłonięcia barwników oraz wakuolizację.

8. Pod wpływem wodnego roztworu soli sodowej kwasu α -naftylooctowego w stężeniu 10^{-5} działającego przez 5, 9 i 22 godz. udało się uzyskać jedynie w merystemach wierzchołkowych obrazy przypominające wczesną profazę. Wodny roztwór soli sodowej kwasu α -naftylooctowego działający przez 3 godz. oraz pary estru metylowego tego kwasu w stężeniu 10^{-5} działające przez 3, 5, 9 i 22 godz. żadnego rezultatu nie dały.

9. W kambium wiązkowym hypokotyla stwierdzono amitotyczne podziały jąder.

Profesorowi drowi F. Skupieńskiemu i prof. dr A. Wałek - Czerneckiej serdecznie dziękuję za pomoc i cenne rady.

Zakład Anatomii i Cytologii Roślin
Uniwersytetu Łódzkiego

(Wpłynęło dn. 5.III.1955 r.)

R É S U M É

On a constaté la diminution du nombre d'euchromocentres dans les noyaux des tissus de *Lupinus albus* L. et *L. luteus* L. privés de nourriture pendant 15 jours. La disparition d'euchromocentres a lieu dans toutes les cellules des tissus examinés c.-à-d. dans le meristème racinaire, dans la zone d'allongement de la racine, dans le parenchyme de l'écorce primaire de l'axe hypocotylé ainsi que dans la coiffe.

À la suite du jeûne, le noyau et surtout le nucléole diminuent fortement; dans plusieurs noyaux on n'aperçoit pas de nucléoles du tout.

Les euchromocentres nucléolaires se laissent différencier assez longtemps, même parfois après la disparition du nucléole.

La diminution de la masse du nucléole se fait pareillement dans tous les tissus examinés par nous.

Les changements dans le nucléole — à part la diminution de son diamètre — s'expriment par sa vacuolisation et la diminution de la chromaticité.

Chez les plantes soumises au jeûne la caryolympe manifeste une diminution de la chromaticité ainsi que la vacuolisation.

L'application de la réaction de Feulgen et de la coloration avec le vert de méthyle et la pyronine, associée à la extraction du ARN, on a constaté que sous l'influence du jeûne arrive la diminution et même la disparition complète du ARN dans le nucléole; par contre le niveau du ADN s'abaisse probablement un peu.

Sous l'action de la solution du sel sodé de l'acide α -naftylacétique, à concentration 10^{-5} , durant 5, 9 et 22 h., on a pu obtenir dans les méri-

stèmes terminaux seulement, les images rappelant la prophase. La solution du même composé, agissant pendant 3 h. ainsi que les vapeurs de l'ester méthylique de l'acide α -naftylacétique à la concentration 10^{-5} agissant pendant 3, 5, 9 et 22 h., n'ont donné aucun résultat.

Dans le cambium fasciculaire de l'axe hypocotylé on a constaté la division amitotique du noyau.

L I T E R A T U R A

- Erickson R. O., Sax K. B., Ogur M., 1949. Perchloric acid in the cytochemistry of pentose nucleic acid. *Science*, 110: 472—473.
- Hocquette M., 1954. Noyaux interphasiques et noyaux quiescents (types à euchromocentres), acides désoxyribonucleïques et individualité des chromosomes. VIII-e Congrès Intern. Bot. Paris, sec. 9 et 10, 106—107.
- Hocquette M. et M-me Hocquette, 1953. Les régions hétérochromotiques du noyau quiescent de *Cucurbita* et de *Phaseolus*. Action de l'acide folique. *C. R. Ac. Sc.*, 236: 841—844.
- Hocquette M. et M-me Hocquette, 1954. Rôle physiologique du nucléole dans le noyau quiescent. VIII-e Congrès Intern. Bot., Paris, sec. 9 et 10, 107—108.
- Hocquette M., Montreuil J. et Serge P., 1952. Variations quantitatives du phosphore total, du phosphore des acides ribo- et désoxyribo-nucléïques dans l'axe hypocotylé de *Phaseolus vulgaris*, au cours de la germination normale, de jeûne glucidique après ablation des cotylédons et de la régénération cellulaire. *C. R. Ac. Sc.*, 235: 1525—1527.
- Hocquette M. et Bustraen G., 1953. L'azote et ses variations quantitatives dans les axes hypocotylés de *Phaseolus* au cours du jeûne et de la régénération cellulaire par nutrition glucidique. *Bull. Soc. Bot. Nord Fr.*; 6: 55—57.
- Hocquette M. et Prudhomme V., 1952. Le noyau quiescent dans l'axe hypocotylé de *Phaseolus vulgaris* L. *C. R. Ac. Sc.*, 234: 1303—1305.
- Hocquette M. et Prudhomme V., 1952 b. Structure nucléaire dans l'axe hypocotylé de *Phaseolus vulgaris* L. pendant le jeûne glucidique et au cours des diverses étapes de la régénération cellulaire. *C. R. Ac. Sc.*, 234: 1472—1474.
- Konarew W. G., 1953. O powiedienii nukleinowych kislôt rastienij w usłowiach gołodowo obmiena. *DAN SSSR*, 89: 554—555.
- Maige A., 1922. Influence de la nutrition organique sur les noyaux des cellules végétales. *C. R. Soc. Biol.*, 87: 1297—1300.
- Maige A., 1923 a. Influence de la température sur la décroissance par l'inanition du noyau chez le Haricot. *C. R. Soc. Biol.*, 88: 97—99.
- Maige A., 1923 b. Croissance du noyau aux diverses températures en présence du sucre chez le Haricot. *C. R. Soc. Biol.*, 88: 530—533.
- Maige A., 1923 c. Variations du noyau pendant la digestion de l'amidon, à diverses températures, chez le Haricot. *C. R. Soc. Biol.* 88: 1149—1152.
- Maige A., 1923 d. Variations du noyau pendant la digestion de l'amidon, à diverses températures, dans les cellules de la pomme de terre. *C. R. Soc. Biol.*, 89: 170—172.
- Maige A., 1923 e. Etats d'équilibre du noyau pendant la digestion de l'amidon dans les cellules de la pomme de terre. *C. R. Soc. Biol.*, 89: 556—558.

- Olszewska M. J., 1953. L'influence du jeûne forcé sur la grandeur de noyaux et de nucléoles chez *Lupinus albus* L. et *Lupinus luteus* L. Bull. Soc. Sc. et Lett de Łódź, Cl. III, IV, No 15.
- Olszewska M. J., 1954 a. Powstawanie komórek dwujądrowych drogą amitotyczną i mitotyczną u *Lupinus albus* L. i *Lupinus luteus* L. Acta Soc. Bot. Pol. 23: 59—68.
- Olszewska M. J., 1954 b. Obserwacje nad euchromocentrami i jąderkiem u *Lupinus albus* L. i *Lupinus luteus* L. Acta Soc. Bot. Pol., 23: 699—725.

Influence of Some Catalyst Poisons on Phototactic Movements of Chloroplasts

J. ZURZYCKI and A. ZURZYCKA

1. INTRODUCTION

All investigations on the influence of chemical factors on phototactic chloroplast movements were hitherto highly fragmentary and referred mainly to narcotics (Eleving 1886, Linsbauer and Abramowicz 1910), some gases such as O_2 , CO_2 etc. (Demoor 1895, Lewis 1898, Senn 1908) or substances affecting the hydrature of the cells (Küster 1906, Senn 1908). Some rare investigations were also concerned with other substances, mostly inorganic salts (Senn 1908) but the choice of these substances was clearly accidental.

It seems, therefore, that an investigation may be revelant on the connection between phototactic movements and the effect of substances either inhibiting selectively only one of the metabolic processes or affecting in a definite way the physico-chemical properties of the protoplasm. Recently numerous similar investigations on protoplasmatic movements have been undertaken (Olson and du Buy 1940, Seifriz and Uraguchi 1941, Sweeney 1941, 1944, Sweeney and Thimann 1938, 1942, Allen and Price 1950) and because of this comparison of the results obtained with chloroplast behaviour may be very valuable.

In the course of a major research on the mechanism of phototactic chloroplast movements undertaken at the Laboratory of Plant Physiology of the Jagellonian University it was decided to investigate the effect of chemical substances on chloroplast movements. In the present paper a report is made on the first stage of this investigation, namely, on the effect of some enzymatic inhibitors attacking chiefly the enzymes responsible for respiration and photosynthesis.

2. METHOD

For experiments *Lemna trisulca* L. leaves of surface area 4—7 mm² were used.

The experimental method consisted in testing the effect of various inhibitor concentrations on photosynthesis and respiration and then obser-

ving the effect on phototactic movements of selected inhibitor concentrations affecting either photosynthesis and respiration of one of these processes only. For photosynthetic and respiration measurements the technique described in an earlier paper (Zurzycki 1955) was used. After the respiration and photosynthesis rates of a leaf chosen for experiments had been measured in various light intensities, the leaf was taken out of the respirometer chamber and placed in the inhibitory solution in darkness. After 1 — 2 hours the leaf was again removed together with a drop of the inhibitory solution and the measurements were repeated. For each inhibitor concentration this procedure was repeated 3 — 5 times. The graphs 1 — 3 illustrate the response to various inhibitor concentrations of the respiration and photosynthesis rates in various light intensities. Each of the points plotted on the graphs indicates the mean photosynthesis or respiration rate expressed as the percentage of the controls.

To assess the response of phototactic chloroplast movements in the selected inhibitor concentrations the chloroplast arrangements after 3 hours of illumination were correlated to light intensity and the rate of chloroplast movements was measured (Zurzycka and Zurzycki 1953).

The 3 substances used as inhibitors were: hydroxylamine hydrochloride $\text{NH}_4\text{OH} \cdot \text{HCl}$ (m. w. 69), sodium azide NaN_3 (m. w. 65) and berberine sulphate $\text{C}_{20}\text{H}_{17}\text{NO}_4 \cdot \text{H}_2\text{SO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ (m. w. 451). As the permeability of this least compound is highly dependent on the pH (Strugger 1939) the acidity of the solution was set at the pH level — 7,5 by adding KOH.

3. RESULTS

3.1. Influence of inhibitors on photosynthesis and respiration

Hydroxylamine concentrations of less than 10^{-5} M/l have no noticeable influence on photosynthesis. A slight inhibition becomes manifest at concentrations of $5 \cdot 10^{-5}$ M/l. As the concentration of this poison raises photosynthesis is more and more inhibited, when the concentration reaches $5 \cdot 10^{-3}$ M/l the photosynthesis rate is only 2—6% of the control, at the concentration of $5 \cdot 10^{-2}$ M/l photosynthesis can no longer be detected. Photosynthesis inhibition is independent of light intensity solely in weaker light intensities — up to 3000 lux — and in stronger light there is a relative drop in the inhibition. This is clearly visible in the case of the $5 \cdot 10^{-3}$ M/l concentration. This last result contradicts Weller and Frank (1941) who report that in *Chlorella* a given hydroxylamine concentration produces always the same percentage drop in the rate of photosynthesis independently of light intensity. None of the hydroxylamine concentrations used affected in any way the respiration rate. This confirms

the results obtained by Shibata (1933) and Nakamura (1938) who found that this poison inhibits only assimilation and has no effect on respiration.

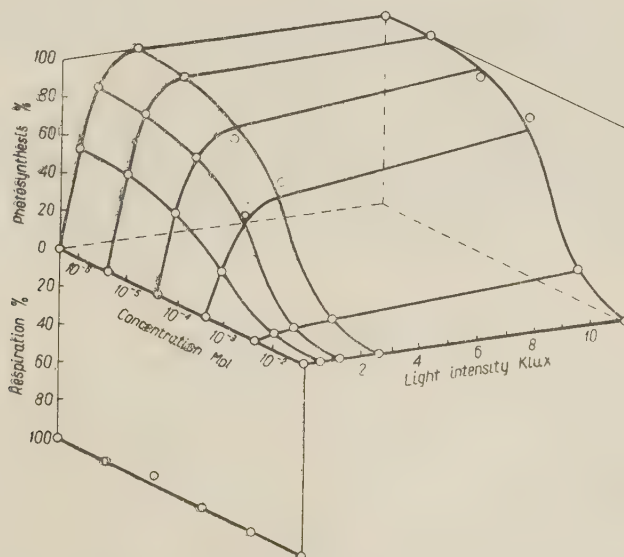


Fig. 1. The effect of hydroxylamine hydrochloride on photosynthesis and respiration in *Lemna trisulca*.

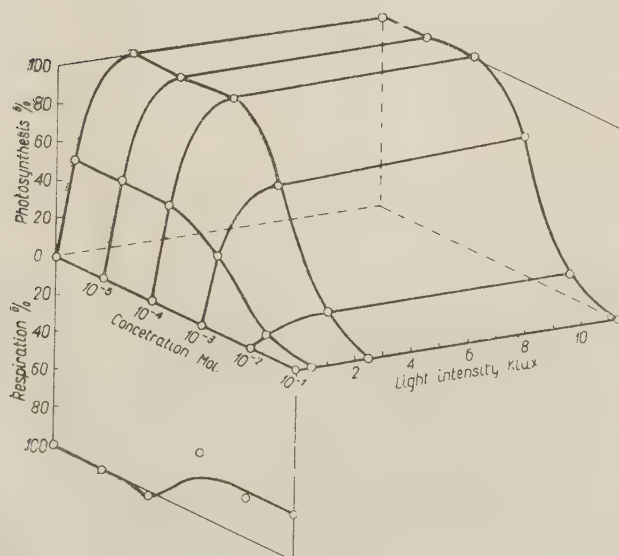


Fig. 2. The effect of sodium azide on photosynthesis and respiration in *Lemna trisulca*.

Sodium azide concentrations of 10^{-5} M/l and less have no influence on respiration and photosynthesis. When the concentration is 10^{-4} M/l a slight, just exceeding error limits, stimulation both of photosynthesis and respiration becomes apparent. Beyond this concentration photosynthesis rate drops sharply, much more so than in the case of hydroxylamine, and the drop is always independent of light intensity — as for instance in the concentrations of 10^{-3} and 10^{-2} M/l. Photosynthesis is finally interrupted when the concentration is 10^{-1} . Respiration is reduced by approximately 40% when the concentration reaches 10^{-3} M/l and beyond this inhibition does not increase. A similar effect of NaN_3 on respiration was assessed by Keilin (1936) in yeast and by Marsh and Goddard (1939) in carrot slides.

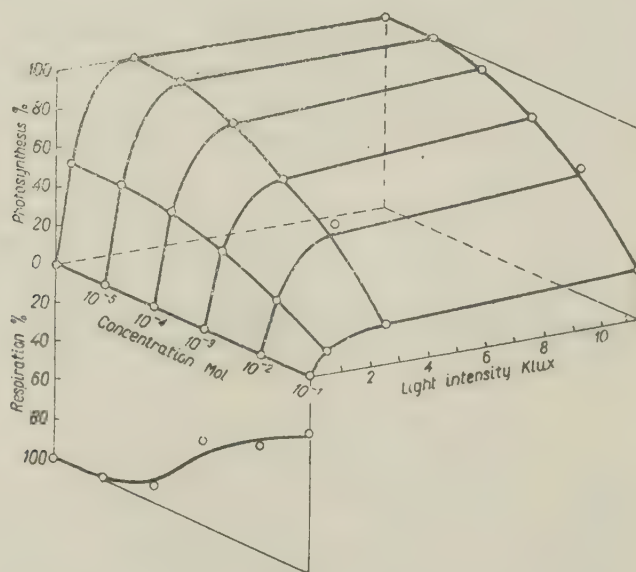


Fig. 3. The effect of berberine sulphate on photosynthesis and respiration in *Lemna trisulca*.

The character of the changes in photosynthesis and respiration produced by berberine sulphate are somewhat different. The concentration of 10^{-4} M/l has a small inhibitory effect on photosynthesis and as the concentration increases inhibition also augments, though, very slowly. No sudden intensification of inhibition is to be observed here as is the case with hydroxylamine and even more with sodium azide. When concentration is 10^{-1} M/l photosynthesis rate is still more than 10% higher than in the controls. On the other hand, respiration rate is very markedly reduced beginning from the 10^{-5} M/l concentration and this inhibition rises together with the concentration increase, at 10^{-1} M/l respiration

rate is approximately 15% of the corresponding value in the controls. Berberine sulphate has been used as a selective inhibitor of respiration (Schmitz 1951, Krieg 1954) but hitherto its effect on photosynthesis has not been investigated.

3.2. The influence of inhibitors on the chloroplast arrangements and phototactic movements

For investigating the influence of the inhibitors on chloroplast arrangements and phototactic movements of chloroplasts the inhibitory solutions were chosen as follows from the results described in the precedent paragraph:

Concentration	Photosynthesis rate	Respiration rate
Hydroxylamine $5 \cdot 10^{-3}$ m/l	7%	100%
„ $5 \cdot 10^{-2}$ „	0%	100%
Sodium azide 10^{-3} „	65%	approx. 70%
„ 10^{-1} „	0%	„ 70%
Berberine sulphate 10^{-2} „	60%	„ 50%

The experimental procedure was here similar to that used in experiments on gaseous metabolism, the *Lemna trisulca* leaves are placed for 1 — 2 hours in the proper poison solution in light conditions adjusted so as not to disturb the required initial chloroplast arrangement. After the leaves have been long enough in the inhibitor the light intensity is changed and observations are made of 1) the relation between the chloroplast arrangements and light intensity and 2) the course of the various phototactic reactions.

3.2.1. The influence of inhibitors on the relation between chloroplast arrangements and light intensity

Using the method described in an earlier paper (Zurzycki and Zurzycka 1953) the curve for chloroplast arrangements within light intensities ranging from 0 to 15000 lux is plotted. In this series of experiments the initial chloroplast arrangement is epistrophe. The curves are plotted for leaves placed in fresh water and $5 \cdot 10^{-2}$ M/l solutions of hydroxylamine and 10^{-1} M/l sodium azide. The results from these experiments are given in Table 1. From the tabulated data, where each entry is the computed mean value from at least 4 repetitions, it appears that within the range of light intensities applied neither of the two inhibitors influences the percentage of epistrophe chloroplasts characteristic for the given light

Table 1

Dependence of chloroplast arrangements on light intensity. Time of exposition 3 hours.
The numbers indicate the % of chloroplasts in horizontal position

Light intensity	15000	10000	5500	900	120	0
Control	10,1	15,1	33,9	72,0	100,6	20,8
Hydroxylamine 5,10 ⁻² M.	10,7	17,6	30,6	73,0	97,9	42,2
Sodium azide 10 ⁻¹ M.	10,8	15,0	35,1	69,1	95,4	55,9

intensity. However, there is some divergence in the change of chloroplasts to apostrophe (VI-th position in Table I for light intensity — 0). But, as apostrophe in *Lemna trisulca* depends on numerous biological factors such as the age of the cell, the starch content, and such like all difficult to estimate quantitatively, and because the irregularity in the mean values is relatively small, it does not seem justifiable to consider the irregularity to be a specific effect caused by the poisons.

3.2.2. The influence of the inhibitors on the course of the various phototactic reactions

For experiments on the influence of the inhibitors on the course of phototactic reactions the following 6 kinds of reactions have been chosen: epistrophe — parastrophe, epistrophe — apostrophe, parastrophe — epistrophe, parastrophe — apostrophe, apostrophe — epistrophe and apostrophe — parastrophe. The inhibitors used are hydroxylamine in concentrations of $5 \cdot 10^{-2}$ and $5 \cdot 10^{-3}$ M/l, sodium azide in concentrations of 10^{-1} and 10^{-3} M/l and berberine sulphate in concentration of 10^{-2} M/l. The reactions enumerated above may be divided into two groups in respect to their response to the inhibitors used.

In the first group are the reactions epistrophe — parastrophe and epistrophe — apostrophe. The three poisons used influence neither the character nor the rate of these reactions and the reactions develop in the same way as in the control (Table 2).

The other group covers the reactions: parastrophe — epistrophe, parastrophe — apostrophe and apostrophe — epistrophe; in all these reactions the inhibitory effect of the poisons is clearly marked.

$5 \cdot 10^{-2}$ M/l hydroxylamine concentrations block completely the three reactions. When the concentration of this inhibitor is $5 \cdot 10^{-3}$ M/l the inhibition is somewhat less. For instance in the parastrophe — epistrophe reaction the final reduction percentage of the reaction calculated in respect to the controls is in hydroxylamine concentrations of $5 \cdot 10^{-2}$ and $5 \cdot 10^{-3}$ M/l 68% and 100% respectively.

Table 2

Phototactic movements plotted against time. The numbers indicate the % of chloroplasts in horizontal position

Time min.	0	5	10	15	20	25	30	40	60	80	100	120	180
Epistrophe — parastrophe (120 — 15000 lux)													
Control	100	66,5	51,0	42,3	38,7	31,8	28,0	20,9	16,7	6,8	5,6	3,4	12,9
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	100	66,3	53,2	45,7	37,6	29,2	26,3	19,4	14,7	12,4	10,8	10,4	10,1
Hydroxylamine 5.10 ⁻² M	100	78,5	54,4	40,4	33,6	29,4	26,3	18,8	20,2	16,4	12,0	12,6	10,7
Sodium azide 10 ⁻³ M	100	72,6	48,1	38,8	30,1	29,1	20,8	14,6	11,4	10,2	7,7	7,0	8,9
Sodium azide 10 ⁻¹ M	100	62,6	46,3	32,6	25,8	25,2	25,3	21,1	18,3	15,3	15,9	12,8	10,8
Epistrophe — apostrophe (120 — 0 lux)													
Control	100				75,0			57,7	47,7	37,9	28,9	28,4	20,8
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	100				79,7			62,3	44,5	38,3	31,8	29,7	23,1
Hydroxylamine 5.10 ⁻² M	100				71,3			50,8	43,8	33,0	27,9	27,0	31,7
Sodium azide 10 ⁻³ M	100				53,8			45,5	43,9	39,3	34,7	28,9	26,4
Sodium azide 10 ⁻¹ M	100				80,6			72,7	63,5	59,0	61,1	56,5	55,9
Apostrophe — parastrophe (0—15000 lux)													
Control	6,5				9,2			9,2	10,5		7,8	10,5	10,5
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	23,4				7,1			4,1	3,0		6,1	4,1	4,1
Hydroxylamine 5.10 ⁻² M	12,9				10,3			10,3	11,2			13,7	13,7
Sodium azide 10 ⁻³ M	17,0		19,0		15,0		18,0	16,0	16,0		12,0	13,4	13,4
Sodium azide 10 ⁻¹ M	5,9		5,1		4,3		4,3	4,3	3,4		5,1	5,9	5,9

The inhibition of the three reactions in sodium azide solutions of 10⁻¹ and 10⁻³ M/l is very much like (Table 3). The response to berberine sulphate is essentially the same as to the other two poisons but the response to berberine sulphate cannot be compared directly with the response to the other inhibitors. The colour of berberine sulphate solutions at concentration of 10⁻³ M/l is distinctly yellow which causes a drop

in the intensity of light when it reaches the cells. For this reason the inhibitor has not been used in experiments on the influence of poisons on the relation between chloroplast arrangements and light intensity.

Table 3

Phototactic movements plotted against time. The numbers indicated the % of chloroplasts in horizontal position

Time min	0	5	10	15	20	25	30	40	60	80	100	120	180
Parastrophe — epistrophe (15000 — 120 lux)													
Control	6,9	20,3	42,9	63,6	70,4		75,5	86,6	93,3	97,7	89,6	93,5	90,8
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	2,3		6,3		12,7		18,4		27,4	24,6	30,5	26,9	29,5
5.10 ⁻² M	7,2		12,6		6,9		9,0	9,6	9,6	10,3	8,7	10,1	7,9
Sodium azide 10 ⁻³ M	3,1		29,8		44,6		56,9	60,9	59,1	52,2	53,2	49,4	48,5
„ 10 ⁻¹ M	5,4		8,2		12,2		19,6	18,1	19,5	16,9	14,7	13,7	14,1
Apostrophe — epistrophe (0 — 120 lux)													
Control	16,8		39,6		54,3		63,9	77,2	84,1	88,1	90,1	90,4	89,3
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	16,8		20,9		22,5		30,9	33,9	33,2	43,8	50,5	49,4	38,4
„ 5.10 ⁻² M	12,0		13,2		15,0		17,2	17,1	28,0	26,5	23,4	21,2	17,7
Sodium azide 10 ⁻³ M	7,5		13,9		46,3		53,8	56,4	62,9	68,3	74,2	61,2	64,5
„ 10 ⁻¹ M	8,5		10,2		11,5		11,1	9,8	11,0	13,0	11,6	14,5	11,2
Parastrophe — apostrophe (15000 — 0 lux)													
Control	6,9		28,7		57,8		72,1	55,6	42,6	33,0	33,0	27,8	24,3
Hydroxylamine 5.10 ⁻³ M	6,4		9,1		13,8		18,3	21,1	18,7		12,8	10,0	10,0
„ 5.10 ⁻² M	1,9		2,9		2,9		3,9	3,9	2,9	2,9	3,9	3,9	3,9
Sodium azide 10 ⁻³ M	9,1		13,4		37,0		60,6	55,0	51,6			51,6	51,6
„ 10 ⁻¹ M	3,3		5,0		6,7		8,3	5,0	5,0	5,0	6,7	4,1	5,6

4. DISCUSSION

When the response of various living organisms to the inhibitors here used is compared it appears that *Lemna* is relatively more resistant. In *Chlorella* for instance, already a 10⁻⁴ M/l concentration of hydroxylamine reduces the photosynthesis rate by 40 — 95% (N a k a m u r a 1938, W a l l e r and F r a n k 1941) while in *Lemna* the same effect is not produced till the concentration is some tens of times stronger. The slime mould *Physarum* is approximately 100 times more susceptible to sodium azide inhibition than *Lemna* (A l l e n and P r i c e 1950); on the other hand M a r s h and G o d d a r k (1939) report a strong and persistent drop in the respiration rate of carrot tissue produced by sodium azide concentrations of approximately the same order as those affecting *Lemna* leaves.

The inhibitory effect on the course of chloroplast movements has a pronounced dual character. The obtained results show that the inhibitors used inhibit only those reactions for which the starting off chloroplast arrangement is the profile position and in which, if conditions were normal as in the controls, the final arrangement would be fully horizontal (the parastrophe — epistrophe and apostrophe — epistrophe reactions—Fig. 4).

The opposite reactions (the epistrophe — parastrophe and epistrophe — apostrophe) are not affected by the inhibitors. Special notice must be given to the parastrophe — apostrophe reaction. Earlier investigations (Zurzycka and Zurzycki 1953) show that when *Lemna trisulca* cells with the parastrophe chloroplast arrangement are placed in darkness the first response to the new conditions is epistrophe, and the arrangement characteristic for darkness is not reached till later. However, all the three poisons used here inhibit the first part

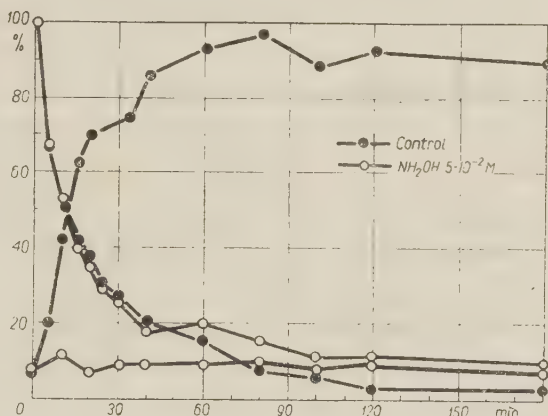


Fig. 4. Epistrophe — parastrophe and parastrophe — epistrophe reactions in normal and in hydroxylamine treated cells. Abcissae — time in mins, ordinates — % of chloroplasts in horizontal position.

of this reaction, the change to epistrophe. The inhibition is complete in higher hydroxylamine or sodium azide concentrations and less marked in weaker concentrations (Fig. 5).

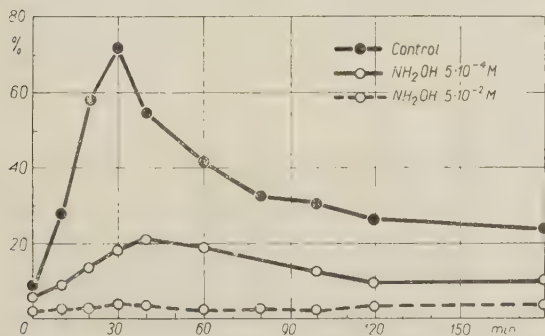


Fig. 5. Parastrophe — apostrophe reactions in normal untreated cells and in cells treated with various hydroxylamine concentrations. Abcissae and ordinates as in fig. 4.

duality was ascertained in the response to temperature, mineral salts, light and other stimulants.

The dual character in the chloroplast reaction to the inhibitors used which is revealed by the present experiments once again corroborates that in *Lemna trisulca* there are two types of phototactic reactions. A similar

The question now arises with which process of gaseous metabolism are connected such reactions as the parastrophe — epistrophe, apostrophe — epistrophe, or parastrophe — apostrophe reactions, all distinctly inhibited by the poisons used. As these reactions are always inhibited when the poison used produces a marked reduction in photosynthesis rate regardless of its effect on respiration which may be inhibited (sodium azide, berberine sulphate) or normal (hydroxylamine) it seems that on the basis of the results obtained the reactions having at the start the profile chloroplast arrangement are connected with photosynthesis. However, the results obtained in the case of the parastrophe — apostrophe reaction indicate that it would be more accurate to speak in terms of a relationship of the inhibited reactions with the capability for photosynthesis than with photosynthesis itself.

Notwithstanding the numerous efforts it was neither possible to discover poisons which would selectively inhibit respiration nor to interrupt respiration completely with the poisons used. The reduction of the respiration rate by approximately 70% which was the maximum obtained has no particular effect on phototactic movements. It is therefore to be assumed that the residual respiration fully covers the energetic requirements of these movements. A similar phenomenon is reported by Allen and Price (1950) in the slime mould *Physarum polycephalum*, in this species the reduction of respiration by 3/4 through lessening the partial oxygen pressure or through the application of some inhibitory substances does not inhibit plasmatic movements. Diametrically different conditions prevail in the case of cyclosis in the cells of higher plants where plasmatic circulation is strictly united with respiration and where even a small drop in respiration rate produces an inhibition of this movement (Bottelier 1934, Thimann and Sweeney 1938, Gorenflot 1947).

5. SUMMARY

1. The effect of three enzymatic inhibitors on respiration and photosynthesis in *Lemna trisulca* leaves was tested. It was found that hydroxylamine hydrochloride inhibited photosynthesis without affecting respiration rate, sodium azide had a strong inhibitory effect on photosynthesis and a weaker one on respiration, and berberine sulphate affected little photosynthesis and inhibited strongly respiration.

2. Observations were made of phototactic chloroplast reactions in selected concentrations of the poisons which inhibited in a known manner photosynthesis or respiration. It was found that:

a) a 70% reduction in the respiration rate brought no change in the phototactic movements,

b) a strong reduction or the complete blocking of photosynthesis inhibited or stopped entirely those phototactic movements which started with the profile chloroplast arrangements (parastrophe — epistrophe, parastrophe — apostrophe and apostrophe — epistrophe), and had no effect on phototactic movements beginning from the horizontal chloroplast position (epistrophe — parastrophe, epistrophe — apostrophe reactions).

Jagellonian University
Laboratory of Plant Physiology
Cracow

(Entered 12.III.1955)

STRESZCZENIE

1. Zbadano działanie trzech inhibitorów enzymatycznych na oddychanie i fotosyntezę liści *Lemna trisulca*. Stwierdzono, że chlorowodorek hydroksylaminy hamuje fotosyntezę nie zmieniając intensywności oddychania, azydek sodu hamuje silnie fotosyntezę a słabo oddychanie, zaś siarczany berberyny wywiera stosunkowo słabsze działanie na fotosyntezę, hamując silnie oddychanie.

2. Przebadano przebieg reakcji fototaktycznych chloroplastów w wybranych stężeniach inhibitorów, hamujących w znany sposób fotosyntezę względnie oddychanie. Stwierdzono, że:

a) redukcja oddychania o około 70% nie ma wpływu na ruchy fototaktyczne,

b) silne zahamowanie względnie zupełna redukcja fotosyntezy powoduje zahamowanie lub zupełne wstrzymanie ruchów, przy których pozycją wyjściową jest położenie profilowe chloroplastów (parastrofia — epistrofia, parastrofia — apostrofia, apostrofia — epistrofia), natomiast jest bez wpływu na ruchy rozpoczynające się od pozycji płaskiej (epistrofia — parastrofia, epistrofia — apostrofia).

LITERATURE

- Allen P. J. and Price W. H., 1950. The relation between respiration and protoplasmic flow in the slime mold *Physarum polycephalum*. Amer. J. Bot. 37. 393—402.
- Demoor J., 1895. Contribution à l'étude de la physiologie de la cellule. Arch. de Biol. 13. 163.
- Eleving F., 1886. Über die Einwirkung von Äther and Chloroform auf die Pflanzen. Öfversigt af Finska Vetensk. Soc. Förhandl. 28.
- Gorenflot R., 1947. Relation entre les variations de la cyclose, de l'assimilation chlorophyllienne et de la respiration de *Elodea canadensis* sous l'influence du chlorate de sodium. Rev. Gen. Bot. 54. 153—185.
- Keilin D., 1936. The action of sodium azide on cellular respiration and some catalytic oxidation reactions. Proc. Roy. Soc. London B. 104. 206—252.
- Krieg A., 1954. Fluoreszenzmikroskopischer Nachweis der Speicherung von Berberin in Chondriosomenäquivalenten von Bakterien in vivo. Exper. 41. 19—20.

- Küster E., 1906. Über den Einfluss wasserentziehender Lösungen auf die Lage der Chromatophoren. Ber. D. Bot. Ges. 24. 255.
- Lewis F. J., 1898. The action of light on *Mesocarpus*. Ann. Bot. 12. 418—421.
- Linsbauer K. und Abramowicz E., 1909. Untersuchungen über die Chloroplastenbewegungen, Sitzber. Akad. Wiss. Wien. I 118. 418—421.
- Marsh P. B. and Goddard D. R., 1939. Respiration and fermentation in the carrot *Daucus carota* Amer. J. Bot. 26. 724—728, 767—772.
- Nakamura H., 1938. Acta Phytochim. Japan. 10. 271, 343, cit. Rabinowitch 1945.
- Olson R. A. and du Buy H. G., 1940. Factors influencing the protoplasmic streaming in the oat coleoptile. Amer. J. Bot. 27. 392—401.
- Rabinowitch E. I. 1945. Photosynthesis and related processes. Vol. I. New York.
- Rabinowitch E. I., 1951. Photosynthesis and related processes. Vol. II part I. New York.
- Seifriz W. and Uraguchi M., 1941. The toxic effects of heavy metals on protoplasm. Amer. J. Bot. 28. 191—197.
- Senn G., 1908. Die Gestalts- und Lageveränderung der Pflanzen Chromatophoren. Leipzig.
- Shibata K. and Yakushiji F., 1933. Der Reaktionsmechanismus der Photosynthese. Naturwiss. 21. 267—268.
- Strugger S., 1939. Die lumineszenzmikroskopische Analyse des Transpirationsstromes in Parenchymen. 2. Die Eigenschaften des Berberinsulfats und seine Speicherung durch lebende Zellen. Biol. Zentralbl. 59. 274—288.
- Sweeney B., 1941. Conditions affecting the acceleration of protoplasmic streaming by auxin. Amer. J. Bot. 28. 700—702.
- Sweeney B., 1944. The effect of auxin on protoplasmic streaming in root hairs of *Avena*. Amer. J. Bot. 31. 78—80.
- Sweeney B. and Thimann K. V., 1938. The effect of auxins on protoplasmic streaming II. J. Gen. Physiol. 21. 439—461.
- Sweeney B. and Thimann K. V., 1942. The effect of auxins on protoplasmic streaming III. J. Gen. Physiol. 25. 841—854.
- Weller S. and Franck J., 1941. Photosynthesis in flashing light. J. Phys. Chem. 45. 1359—1373.
- Zurzycka A., 1951. The influence of the wave length of light on the movements of chloroplasts in *Lemna trisulca*. Acta Soc. Bot. Pol. 21. 17—37.
- 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., 1951. Wpływ jonów niektórych metali na szybkość ruchów fototaktycznych chloroplastów. Acta Soc. Bot. Pol. 21. 113—124.
- Zurzycka A. and Zurzycki J., 1953. Studies on the phototactic movements of chloroplast I. Acta Soc. Bot. Pol. 22. 667—678.
- Zurzycki J., 1955. Arrangement of chloroplasts as a factor of photosynthesis, Acta Soc. Bot. Pol. 24. 27—63.

Wpływ boru na pomidory w różnych okresach ich rozwoju

Effect of boron on tomatoes in different periods of growth

J. R. STARCK

Badania przeprowadzone w ostatnich 30 latach wykazały, że bor jest niezbędnym pierwiastkiem dla wszystkich roślin wyższych. Niedostateczne zaopatrzenie roślin w bor powoduje zahamowanie wzrostu, wystąpienie symptomów chorobowych, a nawet śmierć rośliny w przypadku silnego głodu borowego (Maksimow 1949, Stiles 1946, Berger 1949, Szkolnik 1950, Philipson 1953).

Zapotrzebowanie jednak poszczególnych gatunków na ten składnik jest różne i zależne od szeregu czynników. Rośliny jednoliścienne zawierają znacznie mniej boru niż rośliny dwuliścienne, odznaczają się one również znacznie mniejszym zapotrzebowaniem na bor. Shive (1941) stwierdził, że rośliny jednoliścienne mają znacznie więcej boru rozpuszczalnego niż rośliny dwuliścienne. Prowadząc doświadczenia nad zachowaniem się wapnia i boru w kukurydzy Marsh i Shive (1941) wykazali, że ogólna zawartość wapnia nie zależy od stężenia boru w pożywce, natomiast zawartość wapnia rozpuszczalnego wzrasta wraz ze wzrostem ilości boru ogólnego i rozpuszczalnego. Zawartość boru zależy z kolei od jego stężenia w pożywce. Późniejsze doświadczenia Reeve'a i Shive'a (1944) wykazały, że przy stałej zawartości boru w pożywce zawartość ogólnego i rozpuszczalnego boru w roślinie zwiększała się ze wzrostem stężenia potasu. Przy niskich stężeniach boru (0,001 — 0,5 mg B/l) zwiększające się dawki wapnia nie wpływały na zawartość boru w roślinie, przy dawce 5 i 10 mg B/l pożywki niskie dawki wapnia (do 50 mg Ca/l) powodowały nieznaczny wzrost zawartości boru ogólnego, natomiast wysokie dawki wapnia (100 — 500 mg Ca/l) obniżały wyraźnie zarówno zawartość boru ogólnego jak i rozpuszczalnego. Jones i Scarseth (1944) na podstawie wyników innych badaczy i własnych badań doszli do wniosku, że rośliny wymagają do normalnego wzrostu

odpowiedniego stosunku wapnia do boru, przy czym ten ostatni jest różny dla różnych roślin.

Johnston i Dore (1929), Johnston i Fisher (1930), White - Stevens (1938), Jakowlewa (1952) stwierdzili udział boru w przemianach węglowodanów. U roślin wykazujących symptomy braku boru stwierdzono wzrost zawartości cukrów w liściach, natomiast zmniejszenie się ich zawartości w łodygach.

Ostatnie prace Gauch'a i Dugger'a (1953) prowadzone na młodych pomidorach wykazały, że przy zanurzeniu liści do roztworu sacharozy z izotopem węgla C^{14} absorpcja sacharozy i jej translokacja w roślinie była znacznie szybsza wtedy, gdy roztwór sacharozy zawierał dodatek boru, niż w przypadku wprowadzenia do rośliny samej sacharozy.

Zawartość boru jest zmienna w różnych częściach rośliny (Majewski, Majewska 1953). Najwięcej boru w pomidorach gromadzi się w liściach, mniej w korzeniach, a najmniej w owocach. Ze wzrostem ilości boru w pożywce jego zawartość w różnych częściach rośliny wzrasta niejednakowo. Najbardziej zmienia się zawartość boru w pędach, a najmniej w owocach.

Bobko (1941) i Szkolnik (1950) wykazali, że w liściach górnych jest znacznie mniej boru niż w liściach dolnych.

Badając różne formy boru Bobko (1941) stwierdził, że znaczna jego część przechodzi do roztworu pod wpływem kilkakrotnej ekstrakcji gorącą wodą.

Ilość boru rozpuszczalna w gorącej wodzie zmieniała się w zależności od tego, jaka część rośliny wzięta została do analizy i jaki był jej wiek. Marsh i Shive (1941) i Reeve i Shive (1944), poddając zamrożone rośliny wysokiemu ciśnieniu, znaleźli w wyciśniętym soku większość boru zawartego w roślinach. Wolf (1940) natomiast stwierdził w wyciśniętym soku z kalafiorów tylko nieznaczną część boru. Bor znajdujący się w pozostałościach po wyciśnięciu był nierozpuszczalny w zimnej wodzie i alkoholu, lecz znaczna jego część rozpuszczała się w gorącej wodzie, a cała jego zawartość rozpuszczała się w 2% HCl.

W pracy niniejszej zbadano wpływ obecności i nieobecności boru w pożywce w różnych okresach rozwoju pomidorów na przyrost świeżej i suchej masy i na zmiany w zawartości boru ogólnego, rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego w poszczególnych częściach rośliny. Celem pracy było również zbadanie zachowania się boru w samej roślinie.

DOŚWIADCZENIA WŁASNE

W 1951 roku przeprowadzono dwa doświadczenia w kulturach wodnych z pomidorami odmiany Condine Red.

Doświadczenie 1

Nasiona w ilości 1000 sztuk wysiano 10.III. do skrzynek drewnianych, wyparafinowanych, z piaskiem przemytym HCl, następnie wodą wodociągową i w końcu wodą destylowaną do zaniku reakcji na chlor.

Na 1 kg piasku dodano następujące ilości składników mineralnych:

NH_4NO_3	—	0,08 g
$\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	—	0,172 g
KCl	—	0,037 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	—	0,025 g
$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	—	0,086 g
FeCl_3	—	0,008 g.

Przed wysiewem dodano do piasku $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ i $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ a pozostałą rozpuszczalną część pożywki dodano po pojawieniu się liści. Po 9 dniach rośliny skielkowały. Siewki przepikowano 22.III. do skrzynek z piaskiem przemytym jak w przypadku poprzednim. Do piasku prócz wymienionej uprzednio ilości składników mineralnych dodano jeszcze mikroelementy w ilości 0,5 mg Mn, 0,2 mg Cu i 0,1 mg Zn na 1 kg piasku. Prócz tego część roślin otrzymała bor w postaci H_3BO_3 w ilości 0,5 mg B na 1 kg piasku. W jednej skrzynce rośliny pozostały nadal bez boru. Po miesiącu od czasu wysiewu zauważono wyraźne różnice we wzroście. Pomidory w skrzynce bez boru rosły słabiej od tych, które otrzymały 0,5 mg B na 1 kg piasku. Rośliny przeniesiono 21.IV. do słoików porcelanowych, glazurowanych, wewnątrz wyparafinowanych o pojemności 7 litrów. Przed wysadzeniem płukano korzonki roślin dwukrotnie w wodzie destylowanej celem odmycia piasku i śladów boru. W każdym słoju umieszczono 1 roślinę.

Do słoików dodano 7 l pożywki zawierającej na 1 litr wody destylowanej następujące ilości składników mineralnych:

$\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$	—	0,41 g
KH_2PO_4	—	1,53 g
K_2SO_4	—	0,196 g
NaNO_3	—	0,34 g
$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	—	0,277 g
$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	—	4,84 mg
MnSO_4	—	0,69 mg
$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	—	0,79 mg
$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	—	2,2 mg

pH pożywki wynosiło 4,6.

Doświadczenie składało się z 3 serii. Rośliny I serii, które miały bor w skrzynkach, po przeniesieniu do słoików nie otrzymały boru. Trzymane były na tej pożywce bezborowej do czasu pojawienia się wyraźnych oznak braku boru. Wtedy po zważeniu wszystkich roślin tej serii pobrano 10 roślin do analizy, a pozostałe podzielono na 3 grupy, które otrzymały pożywki z różną dawką boru, a mianowicie 0,1, 0,5 i 2,0 mg B na 1 litr pożywki.

Rośliny z każdej dawki boru zbierane były w dwóch terminach, tj. po 16 i 33 dniach od chwili otrzymania pożywienia borowego. Za każdym razem zbierano po 10 roślin, a więc seria ta składała się z 70 roślin.

Seria II składała się z roślin, które nie otrzymały boru od początku wegetacji. Roślinom tym wyłączono również bor po umieszczeniu w słojach.

Rośliny III serii wzięte ze skrzynek z borem po przeniesieniu do słoików otrzymały 0,5 mg B na 1 l pożywki. Okres odżywiania borem trwał do czasu pojawienia się kwiatów 1-go grona. Rozdzielono wtedy rośliny na 5 grup po 8 roślin. Jedną zebrano do analizy, dwie nie otrzymały boru, a dwie pozostawiono nadal na pożywce z borem. Rośliny z kombinacji z borem i bez boru zebrano do analizy po 1 i 2 tygodniach.

We wszystkich seriach pożywkę zmieniano co 2 tygodnie.

Obserwacje

U roślin I serii po 11 dniach od chwili umieszczenia w słojach zaczęły brązowieć stożki wzrostu korzeni, nie wytwarzały się również korzenie przybyszowe. Wzrost tych roślin w porównaniu z roślinami serii III, które otrzymały 0,5 mg B na 1 litr pożywki, został wyraźnie zahamowany.

Po 18 dniach liście zaczęły żółknąć poczynając od nerwu środkowego ku brzegom liścia. U większości roślin zaczęły zasychać stożki wzrostu łodygi. W 19 dniu, tj. 10.V, gdy symptomy braku boru były już bardzo wyraźne, rośliny podzielono na 3 grupy dodając 0,1, 0,5 i 2,0 mg B na 1 litr pożywki, a 10 roślin tej serii po zważeniu części nadziemnej i korzeni przeznaczono do analizy.

Rośliny wszystkich 3 grup po 6 dniach od chwili włączenia boru do pożywki wypuściły korzenie przybyszowe. Po 10 dniach z kątów liści zaczęły wypuszczać pędy boczne. W wyglądzie roślin nie stwierdzono różnic w zależności od dawek boru.

Po 16 dniach, gdy rośliny wypuściły już po kilka pędów bocznych, zebrano po 10 roślin z każdej dawki i po zważeniu osobno części nadziemnej i korzeni rośliny wzięto do analizy. Z pozostałych roślin na pierwsze miejsce wybiła się kombinacja z dawką 0,5 mg B/litr. Najgorzej wyglądały rośliny na dawce 2,0 mg B/litr. Rośliny silnie się rozrosły, miały jednak wygląd krzaczasty. Zbiór pozostałych roślin tej serii nastąpił po 33 dniach od chwili włączenia boru.

W serii II rośliny po przeniesieniu do słoików już po kilku dniach wykazywały wyraźne symptomy braku boru. Wystąpiła silna chloroza, korzenie zbrązowiały, wzrost został całkowicie zahamowany. U wszystkich roślin tej serii zaschły stożki wzrostu. Po wypuszczeniu 3 listka rośliny zamierały. Rośliny tej serii zebrano 1.VI.

Rośliny III serii po przeniesieniu do słoików rosły bujnie, lecz po kilku dniach wystąpiła chloroza spowodowana przypuszczalnie wytrąceniem żelaza. Przy zmianie pożywki 3.V. obniżono jej pH do 3,9 dodając kwasu azotowego, a żelazo dodano w formie soli Mohra.

Rośliny wszystkich serii opryskano 5.V. 0,01% roztworem chlorku żelazowego. Do pożywki dodano poza tym 0,1 mg Mo na litr w postaci molibdenianu amonu, ponieważ zachodziła obawa, czy chloroza nie jest wywołana brakiem molibdenu. Po obniżeniu pH i zmianie soli żelaza oraz po dodaniu molibdenu chloroza po kilku dniach znikła i rośliny rozwijały się normalnie. Do dnia 30.V. zakwitły już pierwsze kwiatostany. Tego dnia korzenie roślin tej serii zostały opłukane 2-krotnie w wodzie destylowanej, by obmyć resztki boru, jakie mogły na nich się znajdować.

Wszystkie rośliny tej serii zważono i rozdzielono tak, by waga każdej kombinacji była w przybliżeniu równa. Średnia waga świeżej masy 1 rośliny wynosiła 71,3 g. Taki dobór kombinacji ułatwił zbadanie przyrostu świeżej masy. Dwie kombinacje po 8 roślin otrzymały po 0,5 mg B na litr pożywki, 2 kombinacje nie otrzymały boru. Wszystkie rośliny otrzymały pełną pożywkę.

Po 6 dniach zauważono brązowe plamy na owocach w kombinacjach, które nie otrzymały boru. Owoce miały od 3 do 8 mm średnicy. W liściach i korzeniach nie było widać żadnych różnic w porównaniu z kombinacjami z borem. Po 7 dniach wszystkie rośliny zważono i wzięto do analizy po 8 roślin z pożywek z borem i bez boru. Po 8 dniach od chwili wyłączenia B z pożywki na liściach wierzchołkowych kombinacji bez boru pojawiła się chloroza przy nerwach. Nawet najdrobniejsze owoce zbrązowiały, liście były kruche, a blaszka liściowa składała się ku górze. Po 14 dniach od czasu wyłączenia boru z pożywki zebrano pozostałe rośliny. W serii tej z roślin pozbawionych boru zanalizowano liście górne i dolne na zawartość boru ogólnego, rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego.

Metody analityczne

Świeże rośliny cięto na mniejsze części i pobierano przynajmniej 2 próbki 5-gramowe. W ten sposób pobierano próbki ze wszystkich kombinacji.

Próbki na bor ogólny suszono w suszarce w 105°C do stałej wagi i oznaczano w nich zawartość suchej masy. Po spopieleniu w temperatu-

rze 450°C w próbkach tych oznaczano bor metodą Bergera i Truoga (1944) na spektrofotometrze Colemana.

Próbki na bor nierozpuszczalny homogenizowano w ciągu 3 minut, a następnie sączono na lejku Büchnera przez sączone szybkosącący. Przesącz odwirowywano i płyn nad osadu po wirowaniu usuwano przy pomocy kapilary połączonej z pompą wodną. Osad przenoszono do tygla spiukując naczynko wodą destylowaną. Po odparowaniu płynu na łaźni piaskowej do tygla dodawano sączone z lejka Büchnera. Po spopieleniu oznaczano bor nierozpuszczalny. Z różnicy B ogólnego i B nierozpuszczalnego obliczano B rozpuszczalny.

Omówienie wyników

Wyniki oznaczeń świeżej i suchej masy z serii I, przedstawione w tabeli 1, wykazują, że rośliny doprowadzone do głodu borowego po przeniesieniu na pożywkę z borem przez pierwsze 16 dni dały tylko bardzo nieznaczny przyrost świeżej i suchej masy, i to tylko przy 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki. Przy dawce 2 mg B stwierdzono drobny przyrost świeżej masy, a żadnego przyrostu suchej masy. Główny przyrost masy roślinnej nastąpił później, w okresie 16 — 33 dni, przy czym największe przyrosty dała dawka 0,5 mg B, a najmniejsze 2 mg B. Dawka 0,1 mg B okazała się niewystarczająca, dawka 2 mg B działała już toksycznie. Z tablicy widzimy inną jeszcze prawidłowość. Rośliny przez dłuższy czas pozabawione boru (19 dni) odznaczały się najwyższą zawartością suchej masy (17,78% s. m.) w pędach. Pierwszy okres 16 dni odżywiania borem wpłynął tylko nieznacznie na zmniejszenie zawartości suchej masy w ro-

Tabela 1
Świeża i sucha masa jednej rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Procent. zawart. suchej masy w świeżej masie		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Kontrolne — B przez 19 dni		2,28	1,30	3,58	17,78	10,81	0,41	0,14	0,55
po 16 dniach	+ 0,1 mg B	2,97	1,75	4,72	15,36	11,02	0,46	0,19	0,65
	+ 0,5 mg B	2,69	2,18	4,87	15,47	9,74	0,42	0,21	0,63
	+ 2,0 mg B	2,52	1,84	4,36	14,84	8,93	0,37	0,16	0,53
po 33 dniach	+ 0,1 mg B	15,40	6,55	21,95	11,03	7,68	1,70	0,50	2,20
	+ 0,5 mg B	22,70	8,85	31,55	11,19	8,93	2,54	0,79	3,33
	+ 2,0 mg B	8,55	5,65	14,20	11,04	8,03	0,94	0,45	1,39

ślinach. Dopiero w okresie późniejszym, w okresie silnego przyrostu, nastąpił wyraźny spadek zawartości suchej masy. A zatem głód borowy spowodował gorsze zaopatrzenie roślin w wodę wyrażające się zwiększeniem procentowej zawartości suchej masy.

Wyniki oznaczeń boru ogólnego, nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego, zebrane są w tabeli 2. Wyniki odnoszą się tylko do próbek pobranych po 16 dniach odżywiania borem. Dla drugiego okresu wyniki z powodu uszkodzenia spektrofotometru okazały się niemiarodajne.

Rośliny kontrolne z wyraźnymi objawami głodu borowego zawierały w 100 g suchej masy pędów 2,48 mg B ogólnego, a w korzeniach 2,08 mg B ogólnego. Po dostarczeniu boru zawartość jego w roślinach wzrosła. Wzrost zawartości boru ogólnego był zależny od dawki boru w pożywce, przy czym wzrost ten silniej się zaznaczył w korzeniach niż w pędach. Z danych widzimy, że w pędach niezależnie od dawki w przybliżeniu połowa boru ogólnego przypada na bor nierozpuszczalny. W korzeniach natomiast przy większych dawkach 0,5 i 2,0 mg bor rozpuszczalny stanowi około 3/4 ogólnej ilości boru. Absolutne ilości boru w 1 roślinie są podane w 3^o ostatnich kolumnach tabeli 2. Widzimy, że w okresie 16 dni nagromadziło się w pędach 0,005 — 0,007 mg B, w korzeniach 0,001 — 0,013 mg B. Gromadzenie więc boru w liściach i łodygach mało było zależne od dawek tego składnika w pożywce, w korzeniach natomiast zależność ta wystąpiła bardzo silnie. Stąd też pochodzi niejednakowy rozdział ilości pobranego boru na pędy i korzenie; o ile przy najniższej dawce boru tylko drobna część zostaje w korzeniach, a przeważająca reszta wędruje do łodyg i liści, to przy wyższych dawkach — odwrotnie — większość pobranego boru znajduje się w korzeniach. Wreszcie obliczenie boru pobranego przez całą roślinę (0,006; 0,018; 0,020 mg B) i porównanie z ilością boru dostarczonego w okresie 16 dni (0,7; 3,5 i 14 mg B) wskazuje na słabą zdolność roślin pobierania tego składnika z pożywki. Łączy się to przypuszczalnie ze słabą zdolnością przenoszenia boru z korzeni do nadziemnych części rośliny.

Rośliny serii II, które nie otrzymały boru przez cały okres wegetacji (od 10.III. do 1.VI), wytworzyły tylko nieznaczną ilość masy. Przeciętna świeża masa wynosiła 1,55 g (tabela 3).

Odznaczały się one szczególnie wysoką zawartością suchej masy w świeżej masie (21,75%). Jest to wartość dużo wyższa niż dla roślin serii I o zaznaczonych również objawach braku boru. Ten wysoki procent suchej masy spowodowany był częściowym zasychaniem liści z powodu wyjątkowo silnego głodu borowego. Zawartość boru ogólnego spadła w tych roślinach do bardzo niskiego poziomu, wynosiła bowiem tylko 0,78 mg B na 100 g suchej masy. Wyniki tej serii są miarą dokładności

Tabe
Zawartość boru w świe

Kombinacja		B w mg na 100 g świeżej masy					
		B ogólny		B nierozpuszcz.		B rozpuszcz.	
		Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie
Kontrolne							
— B przez 14 dni		0,44	0,23	0,23	0,12	0,21	0,11
Po 16 dniach	+ 0,1 mg B/l	0,52	0,25	0,28	0,21	0,25	0,04
	+ 0,5 mg B/l	0,56	0,72	0,23	0,22	0,33	0,50
	+ 2,0 mg B/l	0,67	0,85	0,36	0,19	0,31	0,66

naszych doświadczeń, mówią nam bowiem, że rośliny na pożywkach bezborowych rozporządzały niezmiernie drobnymi ilościami boru.

Wyniki serii III — świeża i sucha masa roślin podana jest w tabeli 4. Rośliny tej serii otrzymujące bez przerwy bor od chwili rozpoczęcia właściwego doświadczenia odznaczały się dużą masą (średnia świeża masa 1 rośliny wynosiła 52,6 g, sucha masa 7,61 g).

Na pożywce z borem rosły one dalej bujnie, dając przyrosty po 1 tygodniu 4,42 g i po 2 tygodniach 7,89 g suchej masy. Po 2 tygodniach nastąpiło więc podwojenie masy. Wyłączenie boru odbiło się natychmiast na szybkości wzrostu. Po 1 tygodniu przyrost masy był wyraźnie mniejszy (tylko 3,55 g s. m.), a w drugim tygodniu nastąpiło już całkowite zahamowanie wzrostu, wyrażające się nawet zmniejszeniem suchej masy. Charakterystyczny objaw wpływu boru na zawartość wody w roślinie i tu wystąpił bardzo wyraźnie. Wyłączenie boru zdrowym, normalnym roślinom, posiadającym pewne zapasy tego pierwiastka w tkankach, spowodowało natychmiastowe zmniejszenie zawartości wody wyrażające się zwiększeniem procentowej zawartości suchej masy. Te różnice zwiększały się w miarę przedłużania okresu żywienia bezborowego. Wyniki oznaczeń zawartości boru w pędach po 1 tygodniu zebrane są w tabeli 5.

Powyższe dane wskazują, że na początku doświadczenia rośliny odznaczały się stosunkowo wysoką zawartością boru (4,58 mg B na 100 g s. m.). Po tygodniu dalsze odżywianie roślin borem podniosło jego zawartość w pędach do 5,59 mg B na 100 g s. m. W okresie tym wzrosła wyraźnie ilość boru rozpuszczalnego kosztem boru nierozpuszczalnego. W chwili rozpoczęcia doświadczenia ilość boru rozpuszczalnego i nierozpuszczalnego była prawie jednakowa, natomiast po tygodniu widzimy dużą przewagę ilości boru rozpuszczalnego nad nierozpuszczalnym, zarów-

1 a 2

zej i suchej masie

B w mg na 100 g suchej masy						Absolutne ilości B ogólnego w mg na 1 roślinę		
B ogólny		B nierozpuszcz.		B rozpuszczalny				
Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
2,48	2,08	1,29	1,11	1,18	0,97	0,010	0,003	0,013
3,39	2,27	1,79	1,91	1,60	0,36	0,015	0,004	0,019
3,59	7,34	1,49	2,26	2,10	5,08	0,015	0,016	0,031
4,48	9,52	2,43	2,13	2,10	7,39	0,017	0,016	0,033

no w roślinach na pożywce z borem jak i bezborowej, lecz zawartości obydwu form boru były oczywiście w ostatnim przypadku mniejsze. Rośliny na pożywce bez boru wykazywały wyraźne objawy niedostatku boru, tworzące się owoce, jak wspominaliśmy, po tygodniowym odjęciu boru

Tabela 3

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g oraz zawartość boru ogólnego w świeżej i suchej masie (całe rośliny) w mg

Seria	Świeża masa 1 rośliny w g	% suchej masy	Sucha masa 1 rośliny w g	Zawartość B ogólnego w 100 g		Absolutna ilość B ogóln. w roślinie
				świeżej masy	suchej masy	
II	1,55	21,75	0,34	0,17	0,78	0,003

Tabela 4

Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Proc. zawartość suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g			Przyrost suchej masy w g
		Część nadzie- mna	Korze- nie	Razem	Część nadzie- mna	Korze- nie	Część nadzie- mna	Korze- nie	Razem	
Kontrolne — w okresie kwitnienia 1-go grona		52,6	15,8	68,4	12,45	6,72	6,55	1,06	7,61	—
Po	+ 0,5 mgB/1	74,8	20,1	94,9	13,86	8,24	10,37	1,66	12,03	+ 4,42
7 dniach	— B	65,8	16,0	81,9	14,63	9,50	9,64	1,52	11,16	+ 3,55
Po	+ 0,5 mgB/1	103,7	24,0	127,7	12,97	8,54	13,45	2,05	15,50	+ 7,89
14 dniach	— B	55,1	14,0	69,1	15,57	9,28	8,58	1,30	9,88	+ 2,27

Tabela 5

Zawartość boru w świeżej i suchej masie (łądygi i liście)

Kombinacja	mg B na 100 g św. masy			mg B na 100 g s. masy		
	B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny	B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny
Kontrolne — na początku doświadczenia	0,57	0,29	0,28	4,58	2,35	2,23
+ B po 1 tygodniu	0,78	0,26	0,52	5,59	1,86	3,73
— B po 1 tygodniu	0,65	0,19	0,46	4,44	1,29	3,15

z pożywki były nienormalne (brązowe plamy). Z wyników analizy nie wiemy, czy przyczyną pojawienia się objawów chorobowych było zmniejszenie się ilości boru nierozpuszczalnego, czy też niedostateczne może zwiększenie się ilości boru rozpuszczalnego. W każdym razie wyjątkowo ciekawe zachowanie się roślin możemy wytłumaczyć, przyjmując okres kwitnienia i powstawania owoców za okres krytyczny w odżywianiu się borem, wyrażający się zwiększeniem zapotrzebowania roślin na bor. Tylko nowe ilości doprowadzonego boru z pożywki mogą pokryć potrzeby rośliny, rezerwy bowiem wystarczyć jej nie mogą.

Pewne wyjaśnienie zachowania się boru w roślinie dają wyniki analizy liści z roślin trzymanyh początkowo na pożywce z borem, a przeniesionych następnie na 2 tygodnie na pożywkę bezborową. Z 3 roślin o wyraźnych objawach chorobowych pobrano próbki liści z wierzchołka (liście górne) i z pędów niżej leżących (liście dolne). Liście o mniej zaznaczonych objawach braku boru, zbliżone wyglądem do normalnych, nazwano „zdrowymi“, a liście z silnymi objawami braku boru (silna chłoroza) nazwano „chorymi“. W liściach tych oznaczono bor ogólny i nierozpuszczalny. Wyniki analiz podane są w tabeli 6. Zaznaczyć należy, że wyniki analizy nie mogą być porównywane z wynikami z tabeli 5, ponieważ w przypadku poprzednim analizowano nie same liście, a liście i łądygi razem.

Widzimy, że liście górne „zdrowe“ i „chore“ odznaczają się znacznie mniejszą zawartością boru niż liście dolne. Liście chore posiadają mniej boru ogólnego niż zdrowe. Jeżeli chodzi o różne formy boru, to w liściach chorych jest dużo mniejsza zawartość boru rozpuszczalnego niż w liściach zdrowych. Szczególnie niską zawartością boru rozpuszczalnego odznaczają się liście chore z górnych pięt. Dane te wskazują również na

Tabela 6

Zawartość B ogólnego, nierozpuszczalnego i rozpuszczalnego w liściach górnych i dolnych w 100 g suchej masy w mg

		B ogólny	B nierozpuszczalny	B rozpuszczalny	Procent. zawart. B rozp. w stos. do B ogólnego
Liście górne	zdrowe	1,81	0,75	1,06	60
	chore	1,34	1,16	0,19	14
Liście dolne	zdrowe	4,30	1,48	2,81	65
	chore	2,45	1,22	1,23	50

małą ruchliwość boru w roślinie. Bor nagromadzony w stosunkowo dużych ilościach w liściach dolnych nie mógł się przenieść do liści górnych i wierzchołka wzrostu, wykazujących wyraźne objawy chorobowe.

Doświadczenie II

Doświadczenie drugie miało na celu uzupełnienie i częściowe powtórzenie doświadczenia I.

Nasiona tej samej odmiany wysiano 19.V.51 r.

Ze względu na zauważone w poprzednim doświadczeniu dość nierównomierne wschody w czystym piasku, wysiew nastąpił do mieszaniny piasku i ziemi kompostowej w stosunku 1 : 1. Roślinki przepikowano 6.VI, a 26.VI. przeniesiono do słoików z pożywką taką samą, jak w doświadczeniu I.

Doświadczenie składało się z 2 serii. W serii I rośliny otrzymały pożywkę bezborową i pozostawały na niej do czasu wystąpienia oznak głodu borowego. W tym czasie wzięto część roślin do analizy, a resztę rozdzielono na 2 grupy z dodatkiem 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki. Zbiory do analiz nastąpiły w okresie krótszym niż w doświadczeniu I, bo po 4 i 8 dniach. W każdym przypadku zbierano po 8 roślin.

W serii II rośliny otrzymywały bor bez przerwy (0,5 mg B na litr) i w okresie tworzenia pączków kwiatowych połowa roślin została pozbawiona boru. Zbiory do analizy, po 10 roślin z każdej kombinacji, następowały po 5 i 10 dniach. W obydwu przypadkach pożywkę zmieniano co 2 tygodnie. Z układu doświadczenia widzimy, że serie I i II w tym doświadczeniu były odpowiednikami serii I i III doświadczenia I.

Obserwacje i wyniki doświadczenia

Seria I. Po 9 dniach od chwili wyłączenia boru wystąpiła chloroza na liściach wierzchołkowych. Chloroza pojawiła się początkowo przy nerwach blaszki liściowej. Korzenie przybyszowe u roślin tej serii nie

wytworzyły się, wzrost został zahamowany. 10.VII, tj. po 14 dniach od chwili wyłączenia boru z pożywki, symptomy jego braku były już wyraźne — wystąpiła silna chloroza liści wierzchołkowych, stożki wzrostu zamierały. W dniu tym włączono bor do pożywki. Połowa roślin otrzymała 0,1 mg B na litr, a połowa 0,5 mg B na litr pożywki; 8 roślin zebrano wtedy do analizy. Po 4 dniach wzięto do analizy po 8 roślin z każdej dawki boru. Różnic w wyglądzie zewnętrznym roślin otrzymujących różne dawki B nie zaobserwowano. Po 5 dniach od chwili wprowadzenia boru do pożywki pojawiły się korzonki przybyszowe. Po 7 dniach liście chlorotyczne częściowo pozieleniały; 8-go dnia nastąpił zbiór reszty roślin.

Wyniki przytoczone są w tabeli 7.

Tabela 7
Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Procent. zawart. suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Kontrolne — B do pojawienia się oznak braku B		6,8	1,3	8,1	11,36	9,45	0,77	0,12	0,89
Po 4 dniach	+0,1 mg B/l	6,0	1,8	7,8	11,48	9,06	0,69	0,16	0,85
	+0,5 mg B/l	6,4	1,0	7,4	11,41	9,61	0,73	0,10	0,83
Po 8 dniach	+0,1 mg B/l	8,6	2,5	11,1	11,12	7,15	0,96	0,18	1,14
	+0,5 mg B/l	7,4	2,3	9,7	12,50	8,23	0,93	0,19	1,12

Rośliny trzymane na pożywce bezborowej od 26.VI do 10.VII z chwilą przeniesienia na pożywkę z borem po 4 dniach nie wykazywały powiększenia masy. Wyraźny przyrost masy stwierdzono dopiero po 8 dniach. Istotnych różnic w przyroście masy w tym krótkim okresie czasu u roślin otrzymujących 0,1 i 0,5 mg B na litr pożywki nie znaleziono.

Zawartość boru u roślin kontrolnych z oznakami głodu borowego była bardzo niska, wynosiła bowiem w pędach 0,79 g, a w korzeniach 0,58 mg B na 100 g suchej masy (tabela 8).

W roślinach przeniesionych na pożywienie borowe wzrosła zawartość boru już po 4 dniach, szybsze znacznie pobieranie stwierdzono w następnych 4 dniach. Pobieranie boru w tym doświadczeniu było niezależne od dawki i zachodziło szybciej niż w poprzednim i szybciej też odbywało się przenoszenie boru w samych roślinach z korzeni do części nadziemnej. Przyczyną tego były prawdopodobnie większa masa roślin i krócej trwający okres głodu borowego. Stąd też mimo silnego obniżenia za-

Tabela 8
Zawartość B ogólnego w 100 g świeżej i suchej masy w mg

Kombinacja		mg B 100 g świeżej masy		mg B/ 100 g suchej masy		Absolutne ilości B w mg na 1 roślinę			Pobra- nie
		Część nad- ziemna	Korze- nie	Część nad- ziemna	Korze- nie	Część nad- ziemna	Korze- nie	Razem	B w mg na 1 roślinę
Kontrolne — B w słojach do pojawienia się oznak braku B		0,09	0,06	0,79	0,58	0,006	0,001	0,007	—
Po	+0,1 mg B/1	0,15	0,10	1,31	1,14	0,009	0,002	0,011	0,004
4 dniach	+0,5 mg B/1	0,13	0,15	1,17	1,51	0,009	0,002	0,011	0,004
Po	0,1 mg B/1	0,24	0,16	2,16	2,17	0,021	0,004	0,025	0,018
8 dniach	+0,5 mg B/1	0,26	0,16	2,10	1,91	0,019	0,004	0,023	0,016

wartości boru w roślinach, które związane mogło być z wyższą temperaturą i większym natężeniem światła w tym okresie, w roślinach nie zaszły duże zmiany patologiczne i rośliny po dostarczeniu boru mogły szybciej wrócić do normalnego stanu. Dowodem tego jest wyraźny przyrost masy już po 8 dniach, podczas gdy w doświadczeniu poprzednim nieznaczny przyrost masy nastąpił dopiero po 16 dniach.

Seria II. Po przeniesieniu roślin do słoików z pożywką płynną już po 3 dniach pojawiły się korzenie przybyszowe, czego nie zauważono u roślin serii I. Do dnia 11.VII. zaczęły wytwarzać się pączki kwiatowe. W dniu tym przeniesiono rośliny na wodę destylowaną, w której pozostawiono je przez noc, by wypłukać z korzeni resztki boru. Następnego dnia wszystkie rośliny zważono i rozdzielono na podstawie wagi na 5 grup po 8 roślin, o jednakowej średniej wadze. Średnia waga 1 rośliny wynosiła 56,5 g. Po wzięciu 8 roślin do analizy pozostałe rozdzielono, dodając połowie tę samą dawkę boru, co poprzednio (0,5 mg B/l), a drugiej połowie odejmując bor z pożywki.

Po 5 i 10 dniach zebrano po 8 roślin z pożywki borowej i bezborowej. Żadnych różnic w wyglądzie zewnętrznym roślin po 5 dniach nie zaobserwowano. Po 7 dniach wyłączenia boru pojawiły się pierwsze oznaki chorobowe. Na liściach wierzchołkowych tych roślin pojawiła się lekka chloroza przy nerwach. Po 10 dniach, a więc w chwili zbioru drugiego, chloroza objęła wszystkie liście wierzchołkowe. Liście dolne nie wykazywały symptomów braku boru. Wzrost tych roślin został całkowicie zahamowany, a kwiaty nie rozwijały się. Rośliny na pożywce z borem rosły bujnie, były ciemnozielone i kwitły.

Doświadczenie zakończono 23.VII.

Z tabeli 9 widzimy, że po 5 dniach nie było istotnych różnic w przyroście masy na pożywce borowej i bezborowej. Wyraźne różnice wystąpiły po 10 dniach. Stwierdzić możemy wtedy zahamowanie przyrostu ma-

Tabela 9
Świeża i sucha masa 1 rośliny w g

Kombinacja		Świeża masa 1 rośliny w g			Proc. zawartość suchej masy		Sucha masa 1 rośliny w g		
		Część nadziemna	Korzenie	Razem	Część nadziemna	Korzenie	Część nadziemna	Korzenie	Razem
Na początku doświadczenia w okresie kwitnienia 1-go grona		45,0	11,5	56,5	9,70	6,52	4,37	0,75	5,12
Po 5 dniach	+ 0,5 mg B/l	54,6	12,7	67,3	11,57	8,25	6,32	1,05	7,37
	— B	51,3	12,7	64,0	12,13	8,90	6,22	1,13	7,35
Po 10 dniach	+ 0,5 mg B/l	78,3	27,3	105,6	11,27	7,57	8,82	2,07	10,89
	— B	54,0	12,7	66,7	13,31	9,06	7,19	1,15	8,34

sy po odjęciu boru z pożywki. W tym doświadczeniu, jak i w poprzednim, zaznaczył się wpływ boru na procentową zawartość suchej masy. Rośliny na pożywkach bezborowych odznaczały się większą procentową zawartością suchej masy i to tym większą, im dłużej trwał okres głodowania.

Oznaczenie boru ogólnego (tabela 10) wykazało, że rośliny żywione bez przerwy borem zawierały w pędach w okresie kwitnienia 4,88 mg B na 100 g suchej masy. Jest to wynik bardzo zbliżony do wyniku doświadczenia I. Zawartość boru w roślinach na pożywce z borem po 5 dniach wzrosła do 5,70 mg B na 100 g suchej masy, po następnych 5 dniach nie

Tabela 10
Zawartość B ogólnego w 100 g świeżej i suchej masy w mg

Kombinacja		Część nadziemna		
		mg B na 100 g świeżej masy	mg B na 100 g suchej masy	Absolutne ilości B w mg na 1 rośl.
Na początku doświadczenia w okresie kwitnienia 1-go grona		0,47	4,88	0,21
Po 5 dniach	+ 0,5 mg B/l	0,66	5,70	0,36
	— B	0,42	3,49	0,22
Po 10 dniach	+ 0,5 mg B/l	0,64	5,68	0,50
	— B	0,27	2,03	0,20

uległa zmianom. Okres pierwszych 5 dni, tj. okres początku kwitnienia, należy znowu uważać za okres krytyczny. Znowu gromadzenie się boru w pędach odbywało się intensywniej niż powstawanie masy roślinnej.

W roślinach na pożywkach pozbawionych boru nastąpił przy dalszym przyroście masy spadek zawartości tego składnika. Po 10 dniach zawartość boru spadła do 2,03 mg B na 100 g suchej masy. Pojawiły się też wtedy ostre oznaki braku boru.

WNIOSKI

Na podstawie wyników obydwu doświadczeń stwierdzono, że pomidory reagują niezwykle szybko na brak boru w pożywce. Mimo dużych zapasów nagromadzonych w tkankach z chwilą wyłączenia boru z pożywki już po kilku dniach następuje zahamowanie wzrostu z pojawieniem się charakterystycznych, zewnętrznych oznak głodu borowego. Rośliny z trudem mogą korzystać z rezerw boru nagromadzonych przedtem, z trudem też może nastąpić przemieszczenie boru z jednej części rośliny do drugiej. Dowodem tego są analizy liści roślin głodujących. Mimo dużej stosunkowo zawartości boru w liściach dolnych liście górne zawierały niewielkie ilości tego składnika.

Drugim wnioskiem, jaki można wyciągnąć z przytoczonych wyników, to wyjątkowo silny wpływ boru w okresie kwitnienia. Tylko stały i to zwiększony dopływ boru z pożywki może pokryć zapotrzebowanie pomidorów na bor w okresie kwitnienia, natomiast wyłączenie boru w tym okresie odbija się silnie na tworzeniu masy roślinnej.

Objawy niedostatku boru wystąpiły przy różnej jego zawartości w roślinach. W większości przypadków jednak przy zawartości boru wynoszącej 2 mg B na 100 g suchej masy pędów występują zewnętrzne objawy głodu borowego. U roślin młodych przy silnym głodzie borowym zawartość boru może spaść nawet poniżej 1 mg B na 100 g suchej masy.

W przypadku głodu borowego stwierdzono zmniejszanie się zawartości wody w roślinach.

Kierownikowi Zakładu Uprawy i Nawożenia Roli profesorowi dr F. Majewskiemu składam głębokie podziękowanie za temat i wskazówki, jakich mi udzielał w czasie wykonywania niniejszej pracy.

*Zakład Uprawy i Nawożenia Roli
Szkóły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego
w Warszawie*

(Wpłynęło dn. 18.III.1955 r.)

SUMMARY

Two investigations on the behaviour of tomatoes in water cultures with and without boron were carried out.

The first investigation was composed of 3 series of experiments. In Series I the plants were first grown on sand and supplied with a fully nutrient solution and then transported to water cultures where no boron was supplied them till the first boron deficiency symptoms appeared. When this occurred boron was again added to the medium in quantities of 0,1; 0,5 and 2,0 mg B/l during a period of 16 and 33 days. In Series II the plants received no boron throughout the whole vegetative period. The plants of Series III were supplied with boron in the sand-boxes and in the water cultures till the first inflorescence blossomed when they were deprived of this element for 1st and 2 weeks.

In the other investigation there were 2 series. The plants from Series I were transported from compost soil to water cultures where they were deprived of boron till the first symptoms of boron deficiency appeared, then this element was added to the medium during 4 and 8 days. In Series II the plants in the water cultures received boron at first, but when the flower buds were formed the supply of the element was interrupted for 5 and 10 days.

In both investigations the increase in fresh and dry matter was estimated; also determinations were made of the total boron content and the content of insoluble boron, from the difference the amount of soluble boron was calculated.

The samples for insoluble boron estimation were homogenized, filtered through a Büchner filter and after ashing the filter paper together with the residue the boron content was determined with the chinalisarine method.

It was found that, in spite of the considerable quantities of boron which had been stored in the plant tissue, when the supply of this element was interrupted growth inhibition and visible symptoms of boron deficiency became manifest after a few days. This may be explained by the difficulties which prevent utilization by the plants of the boron accumulated earlier in the tissue. The response to changes in the boron content of the medium was quickest during blossoming. Only a constant and increased supply of boron from the medium can cover the requirements of tomatoes at that stage.

In most cases boron starvation became manifest when the content was 2 mg B for each 100 g of dry matter from the shoots.

Analytic results have shown that in plants with marked symptoms of boron starvation the boron content in the lower leaves was much greater than in the upper ones, which indicated to the small mobility of boron in the plants.

The elimination of boron from the nutrient medium produced a drop in the water content of the tissue.

L I T E R A T U R A

- Berger K. C., 1949. Boron in soils and crops. *Advances in agronomy*. Vol. 1, 321—348. New York.
- Berger K. C., and Truog E., 1944. Boron tests and determination for soils and plants. *Soil Sc.* 57: 25—36.
- Bobko E. W., 1941. Rezultaty rabot s borom i drugimi mikroelementami. Primienjenje mikroudobrenij. 5—18, Moskwa.
- Gauch H. G. and Dugger W. M. Jr., 1953. The role of boron in translocation of sucrose. *Plant Physiol.* 28: 457—466.
- Jakowlewa W. W., 1952 O roli bora w uglewodnom obmienie rastenij. Mikroelementy w zizni rastenij i ziwotnych. 137—149, Moskwa.
- Jones H. E. and Scarseth G. D., 1944. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. *Soil Sc.* 57: 15—24.
- Johnston E. S. and Dore W. H., 1929. The influence of boron on the chemical composition and growth of the tomato. *Plant. Physiol.* 4: 31—62.
- Johnston E. S. and Fisher P. L., 1930. The essential nature of boron to the growth and fruiting of the tomato. *Plant Physiol.* 5: 387—392.
- Majewski F. i Majewska W., 1953. Badania nad wpływem boru na pomidory. *Roczn. Nauk Roln.* 68-A-1: 65—84.
- Maksimow A., 1949. Mikroelementy i mikronawozy 286 str. Warszawa. P. I. W. R.
- Marsh R. R. and Shive J. W., 1941. Boron as factor in the calcium metabolism of corn plant. *Soil Sc.* 51: 141—151.
- Philipson T., 1953. Boron in plant and soil. *Acta Agric. Scand.* III. 2, 121—242.
- Reeve E. and Shive J. W., 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Sc.* 57: 1—15.
- Shive J. W., 1941. Significant roles of trace elements in the nutrition of plants. *Plant Physiol.* 16: 435—445.
- Stiles W., 1949. Trace elements in plants and animals. Tłum. ros. Moskwa.
- Szkolnik M. J., 1950. Znaczenije mikroelementow w zizni rastenij i w zemledielii. 512 str. Moskwa-Leningrad.
- White-Stevens R. H., 1938. Carbohydrate metabolism in relation to boron nutrition, *Proc. Amer. Soc. Hort. Sc.* 36: 537—543.
- Wolf B., 1940. Factors influencing availability of boron in soils and its distribution in plants. *Soil Sc.* 50: 209—217.

BIULETYN OGRODÓW BOTANICZNYCH

Nr 2, 1955

L. KARPOWICZOWA

STANGERIA PARADOXA TH. MOORE

Ogród Botaniczny Uniwersytetu Warszawskiego

Znany jest tylko jeden gatunek rodzaju *Stangeria*, chociaż w literaturze wymieniane są niekiedy dwa lub nawet trzy gatunki tego rodzaju, a mianowicie: *Stangeria paradoxa* Th. Moore, *S. Katzeri* Regel oraz *S. schizodon* Bull. (Dictionary of Gardening podaje nazwę synonimową — *Stangeria eriopus* Kunze, zaś formy *Katzeri* i *schizodon* jako odmiany tego gatunku). *Stangeria* należy do rodziny sagowców; nazwę rodzajową zawdzięcza głównemu inspektorowi z Natalu — Williamowi Stangerowi (1851 r.).

Ze względu na swą rzadkość *Stangeria* w ojczyźnie swej — Natalu — została objęta całkowitą ochroną. Bytuje ona na kamienistych, przeważnie pofalowanych terenach, porośniętych trawami, ponad które wznosi się zaledwie 30—40 cm.

Niektóre cechy, a więc przede wszystkim unerwienie liści, zbliżające stangerię do paproci, różniące zaś od pozostałych sagowców, spowodowały, iż opisywana ona była jako paproć *Lomaria coriacea* Kunze (*L. eriopus* Kunze, *L. lagopus* T. Moore).

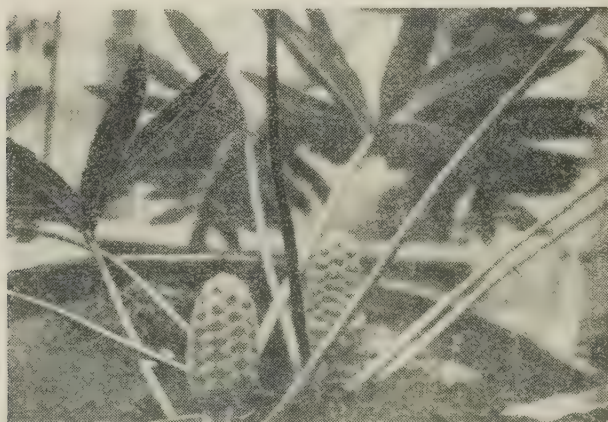
W roku 1950 Ogród Botaniczny UW otrzymał 5 egzemplarzy *Stangeria paradoxa* (części podziemne). Przysłane one były z Afryki Południowej przez dr. Stefana Krupkę, który na wykopanie tych roślin musiał uzyskać specjalne zezwolenie władz.



Ryc. 1. Dichotomicznie rozgałęziony pęd żeński.

Wszystkie pędy zostały posadzone do wysokich drewnianych kubłów. W jednym z kubłów posadzono dichotomicznie rozgałęziony pęd żeński (ryc. 1). Ziemię zastosowano mieszaną: liściową, wrzosową i torfową z domieszką piasku i gliny.

Z wyjątkiem jednego, który miał silnie uszkodzony korzeń i dopiero po paru latach wykształcił jeden liść — wszystkie okazy doskonale roz-



Ryc. 2. Kwiaty żeńskie.

wijały się w cieplarni, w której temperatura przeciętnie wynosi 20—22°C.

W roku 1952 wspomniany wyżej dichotomicznie rozszczepiony okaz stangerii wykształcił kwiaty (ryc. 2); w roku 1953 na jednym z pozostałych egzemplarzy rozwinął się w miesiącach zimowych kwiat męski (ryc. 3); zaś prawie w pół roku później zakwitł ostatni, również żeński okaz.

Na jesieni roku 1952 dwa okazy żeńskie po przekwitnięciu przeniesiono w kuble do nowej palmiarni, w której ponadto wprost do ziemi posadzono pojedynczy żeński egzemplarz, który zakwitł w rok po przesadzeniu (patrz wyżej). W palmiarni temperatura utrzymuje się w granicach 14—16°C.

Liście dwu okazów żeńskich po przekwitnięciu uschły i zostały ścięte na jesieni 1952 r.; w marcu roku 1953 rozwinęły się już nowe liście. Dwa pozostałe okazy nie straciły liści przez cały ten okres (1951—1955).

Bliższe szczegóły, dotyczące szybkości rozwoju i wielkości szyszek żeńskich i męskich, podane będą przy opisie organów generatywnych.



Ryc. 3. Kwiat męski.

Organy wegetatywne (opis okazów szklarniowych)

Pęd stangerii gładki, krótki (nie przekraczający na ogół 30 cm wysokości) i gruby, przypominający swym kształtem burak cukrowy — jest schowany pod ziemią, nad powierzchnię której wydostaje się tylko jego szczyt wraz z liśćmi i organami generatywnymi.

Liście 3—4, a nawet na okazie męskim 9 — są duże, pierzaste, długo-ogonkowe, szeroko rozłożone. Ich długość waha się od 107 do 153 cm; w tym długość mocno zbudowanych ogonków wynosi 32 do 48 cm. Niekiedy ogonek rozgałęzia się dichotomicznie i wówczas zamiast pojedynczego rozwija się liść złożony (ryc. 4). Listki podłużne lub podłużnie-lan-



Ryc. 4. Dichotomiczne rozgałęzienie ogonka liściowego.

cetowate, skórzaste, nagie, ciemnozielone, naprzemian — lub naprzeciwległe, 9—12 par, siedzące lub niekiedy na króciutkich ogonkach. Długość poszczególnych listków waha się od 8 do 35 cm, szerokość od 2,5 do 6 cm. Są one bądź całobrzegie, niekiedy lekko pofalowane i ząbkowane lub ostro piłkowane, a nawet pierzasto-klapowane (ryc. 4 i 5). Ponieważ u sagowców kopalnych niemal nigdy nie spotyka się listków piłkowanych, przeto niektórzy autorzy przyjmują, iż piłkowanie jest cechą wskazującą na wyższy szczebel ewolucyjny.

W przeciwieństwie do innych sagowców, u których unerwienie liści jest proste, bez zróżnicowania nerwu środkowego, nieraz kilkakrotnie dichotomiczne, nigdy jednak siatkowate, u stangerii obserwujemy w list-

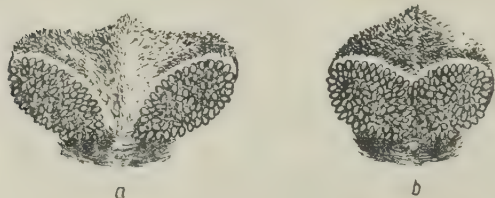


Ryc. 5. Liść pofalowany ząbkowany.

kach obustronnie wyraźnie zaznaczające się żyłki środkowe oraz liczne, delikatne i rozgałęziające się dichotomicznie — nerwy boczne. Młode, rozwijające się liście nie są zwinięte na kształt pastorału, co upodabnia niektóre sagowce do paproci — są tylko lekko zagięte na czubku, listki zaś są złożone wzdłuż osi głównej.

Organy generatywne

Stangeria, podobnie jak inne sagowce, jest dwupienna. Pojedyncze kwiaty męskie i żeńskie umieszczone są na szczycie nieco lateralnie.



Ryc. 6. Mikrosporofil pokryty od wewnątrz workami pyłkowymi; a — z dolnej części kwiatu; b — ze środkowej części kwiatu.

Kwiaty złożone są ze sporofiliów, gęsto osadzonych jeden przy drugim w kształcie szyszki.

W kwiecie męskim mikrosporangie są tarczowate, od wewnątrz pokryte są licznymi workami pyłkowymi. Szczytowa część mikrosporangium jest sterylna (ryc. 6).

Szyszka męska jest dłuższa i bardziej wysmukła niż żeńska.

Pierwszy kwiat męski z roku 1953 był znacznie mniejszy od kwiatu, który zaczął rozwijać się w cieplarni w końcu sierpnia 1954 roku i którego wymiary wynosiły:

22.XI.54 r. — długość szyszki	29 cm
długość szypułki	11 cm
obwód nieco powyżej nasady	13 cm
obwód szypułki	6 cm
7.XII.54 r. — długość szyszki	33 cm
długość szypułki	11 cm
obwód bez zmian	
29.XII.54 r. — długość szyszki	36 cm
pozostałe wymiary bez zmian	
18.I.55 r. — bez zmian	

Z powyższego zestawienia widać, że w końcowym okresie szyszka rozwija się jedynie na długość, przy czym przeciętnie przybywa jej 1 do 2 cm tygodniowo, natomiast obwód szyszki oraz długość szypułki pozostają bez zmian.

Kwiat żeński złożony jest z dachówkowato ułożonych owocolistków, u których nasady umieszczone są dwa zalążki (ryc. 7 i 8).

Na dwu okazach żeńskich przeniesionych, jak pisaliśmy, na jesieni roku 1952 po ścięciu szyszek z cieplarni do palmiarni do znacznie niższej temperatury — zaobserwowano w dniu 15.X.1953 r. małe, jedno-



Ryc. 7. Kwiat żeński.



Ryc. 8. Owocolistek z dwoma zalążkami

centymetrowe szyszeczek. Obserwacje prowadzone w okresie od dnia 29.X.53 r. do połowy października 1954 r. i dokonywane co tydzień pomiary — wykazały, że maksymalną wielkość kwiaty osiągnęły w dniu 26 czerwca, kiedy to długość jednej z nich wynosiła 18 cm, drugiej 16 cm; obwód pierwszej 21 cm, drugiej 19 cm.

W czasie od dnia 29.X.53 r. do dnia 26.III. 1954 r., początkowo szyszce na długość przybawało od 0,5 do 1 cm, a nawet wyjątkowo od 1,5 do 2 cm; po dniu 26 marca szyszka w ciągu tygodnia wzrastała najwyżej o 0,5 cm zarówno na długość, jak i w obwodzie.

Kwiaty ścięto w połowie października i już w dniu 13 grudnia zanotowano ukazanie się na jednym okazie nowej, jednocentymetrowej szyszeczek.

Na zakończenie warto wspomnieć, że wśród sagowców do rodzajów bardzo pierwotnych obok *Stangeria* należą rodzaje *Zamia* i *Bowenia*.

Fotografie i rysunki wykonali: J. Bobrzycki i J. Szuleta.

LITERATURA

- B a i l e y L. H., 1935, The standard cyclopedia of horticulture, New York.
 B e l l a i r G. et S a i n t - L é g e r L., 1900, Les plantes de serre, Paris.
 Dictionary of gardening, 1951, t. IV, Oxford.
 E m b e r g e r L., 1944, Les plantes fossiles dans leur rapport avec les végétaux vivantes, Paris.

- Engler A. u. Prantl K., 1899, Die natürlichen Pflanzenfamilien, Leipzig.
- Gausсен H., 1944, Les Cycadales, fasc. III Les Gymnospermes actuelles et fossiles, Paris.
- Hutchinson J., 1946, A botanist in southern Africa.
- Kirchner P., 1935, Die Familie der Cycadeen, „Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft“, nr 47.
- Potonié H., 1912, Grundlinien der Pflanzenmorphologie im Lichte der Paläontologie, Jena.
- Solms-Laubach H., 1890, Die Sprossfolge der Stangeria und der übrigen Cycadeen, „Botanische Zeitung“, nr nr 12, 13, 14, 15.
- Szymkiewicz D., 1928, Botanika, Lwów.

W. WRÓBLOWNA

OBSERWACJE NAD KIELKOWANIEM NASION I WZROSTEM SIEWEK *STANGERIA PARADOXA* TH. MOORE

Ogród Botaniczny Uniwersytetu Jagiellońskiego

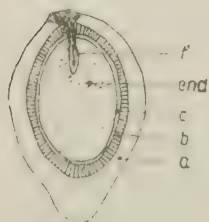
Sagowce, do których należy *Stangeria paradoxa* Th. Moore, są roślinami starymi, szczątkowymi, na co między innymi wskazuje ich rozzerwany zasięg dzisiejszy.

Stangeria jako rodzaj monotypowy występuje w prowincji hygromegatermalnej państwa Capensis, leżącej nad Oceanem Indyjskim.

Profesor dr W. Szaffer otrzymał dla Ogrodu Botanicznego UJ w marcu roku 1951 nasiona stangerii z południowej Afryki od przebywającego tam dra S. Krupki. Nasiona pochodzą z trzech naturalnych środowisk z okolic Transkei, Mazepa Bay i ujścia rzeki Quolora do Oceanu.

Budowa nasion

Nasiona tej rośliny są kulisto jajowate, dosyć duże: od 2,5 do 3,5 cm długie i 1,5 do 2,5 cm szerokie. Łupina nasienna składa się z trzech warstw:



Ryc. 1. *Stangeria paradoxa* Th. Moore. Nasionie w przekroju podłużnym: a — mięsisty integument; b — warstwa kamienista, c — warstwa błoniasta; end — endosperm; f — zarodek (wielk. nat.).

a) zewnętrznej, mięsistej, barwy różowoczerwonej, którą z łatwością można zdjąć z nasienia;

b) środkowej, zdrewniałej, kamiennej, trudno przenikliwej dla wody i

c) wewnętrznej, suchej, błoniastej, cieniutkiej, mocno unerwionej.

Wewnątrz nasienia tkwi zarodek otoczony bielmem (endospermem) (ryc. 1). P i l g e r (1926) podaje, że nasiona nie wymagają okresu spoczynku i mogą zaraz po dojrzeniu kiełkować. Siła kiełkowania trwa jednak krótko, gdyż po okresie trzech lat zanika ona zupełnie.

Wysiew i kiełkowanie nasion

Ponieważ nasiona mają środkową łupinę twardą i dla wody trudno przepuszczalną, proces kiełkowania w naturze trwa bardzo długo, przy czym część nasion zupełnie nie kiełkuje (na podstawie informacji pisemnej dra K r u p k i). W celu przyspieszenia tego procesu oraz ułatwienia kiełkowania jak największej ilości nasion stosuje się w praktyce uprawowej nacinanie twardej części łupiny.

W moim doświadczeniu miałam do dyspozycji 100 nasion, które w 10 równych ilościowo próbach wysiałam, przygotowując je w odpowiedni sposób i tak (ryc. 2):

- w próbie 1 wysiano nasiona, na których nie dokonano żadnych dodatkowych zabiegów;
- „ 2 dokonano nacięcia części mięsistej i twardej integumentu wzdłuż nasienia;
- „ 3 pozbawiono nasiona mięsistego integumentu i nadpiłowano jego część twardą wzdłuż osi nasienia;

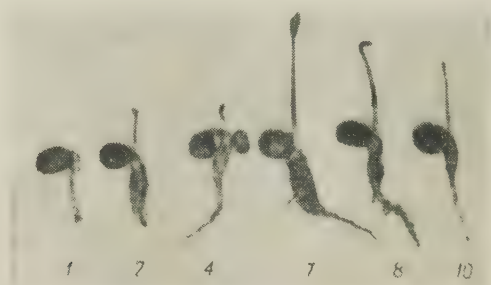


Ryc. 2. Różne sposoby przygotowania nasion do wysiewu (objaśnienie w tekście)

- w próbie 4 nasiona w mięsistym integumencie nadpiłowano w płaszczyźnie równikowej nasienia;
- „ 5 i w dalszych 3 próbach użyto nasion pozbawionych mięsistej części integumentu, nasiona nadpiłowano poprzecznie jak w próbie poprzedniej;
- „ 6 nasiona nadpiłowano poprzecznie u nasady;
- „ 7 nasiona nadpiłowano podłużnie u nasady;
- „ 8 nasiona nadpiłowano wzdłuż osi dwukrotnie;
- „ 9 nasiona bez nacięć z mięsistą częścią łupiny moczo-
no w wodzie o temperaturze 18°C przez 24 godziny;
- „ 10 nasiona bez mięsistej części, nadpiłowane w środku, moczo-
czo jak poprzednie.

Wszystkie nasiona wysiano do glinianych misek w tym samym dniu, to jest 14 marca 1951 roku. W doświadczeniach użyto ziemi mieszanej w stosunku 1/2 piasku do 1/2 ziemi darniowej i wrzosowej z dodatkiem gliny i torfu. Warstwa ziemi nad nasionami była dwukrotnie grubsza od długości nasienia. Miski ustawiono w szklarni ciepłej w temperaturze 20—24°C.

Kolejne stadia procesu kiełkowania ilustruje ryc. 3.



Ryc. 3. Kolejne stadia kiełkowania. Numeracja odpowiada próbom.

Zarodek jest stosunkowo duży, zajmuje około 1/3 długości endospermu, posiada dwa liścienie, zrosłe ze sobą tylko w dolnej części. Z nasienia wychodzi najpierw hypokotyl przez otwór mikropylarny, a przed utworzeniem się liści wyrasta na jego przedłużeniu silny, utrzymujący się korzeń palowy. Liścienie pozostają w łupinie nasiennej i służą jako organ czerpiący pokarm z tkanki endospermu. Między liścieniami wyrasta młody pęd, który tylko nieznacznie wychodzi nad powierzchnię, reszta zaś tkwi w ziemi, a przed rozwojem liści osiąga znaczną grubość.

Ze szczytu pędu wyrastają najpierw łusczkowate liście, po czym następuje rozwój liścia właściwego. Liście łusczkowate są organami

uwstecznonymi w rozwoju (nie mają blaszki liściowej), kształtu szeroko trójkątnego, błoniaste, z zewnątrz (od strony spodniej) pokryte włoskami. Liście te są krótkotrwałe i po pewnym czasie odpadają. Po liściach łuskowatych, których jest zwykle 2—3, rozwija się liść normalny. Liście właściwe (asymilujące) mają zgrubiałą i pochwiastą nasadę, która stopniowo przechodzi w wydłużoną oś liścia, dźwigającą kilka listków. Rozwijający się liść w początkowych stadiach jest haczykowato zagięty (na ryc. 3 próby 2, 4, 8), wyprostowuje się na szczycie w czasie rozwoju listków (ryc. 3 próby 7, 10).

Zamieszczona tabela ilustruje 10 prób wysiewu o różnych nacięciach nasion.

Z zestawienia tego widać, że w próbie 8 wszystkie nasiona wykiełkowały i że czas kiełkowania w tym doświadczeniu był najkrótszy. Wnioskować by można, że obecność mięsistej okrywy nasienia opóźnia proces kiełkowania. Moczenie nasion w wodzie nie dało pozytywnych, przewidywanych rezultatów, tj. nie wpłynęło na skrócenie czasu kiełkowania. Wprawdzie w próbie 10 wykiełkowało 5 nasion, ale z tego 3 wkrótce zmarniały. Jeśli chodzi o okres kiełkowania nasion, to prawie wszystkie nasiona kiełkowały na dniu krótkim w miesiącach: listopadzie, grudniu, styczniu i lutym. Tabela podaje czas kiełkowania nasienia najwcześniej wykiełkowanego każdej próby, następnie czas rozwoju liści.

Rozwój liści

Obserwacje nad wzrostem liści wykazały, że od chwili wykiełkowania nasienia do całkowitego wyrośnięcia pierwszego normalnego liścia potrzeba około 200 dni (na tabeli rubryka 6), a od chwili wysiewu do wyrośnięcia pierwszego liścia około 400 dni (tabela, rubryka 5). Ogonek liściowy pierwszego liścia dochodzi do 7 cm długości, podczas gdy pojedyncze listki osiągają długość 5,5 cm. Pierwsze liście mają 3—4 listki, które są zmiennego kształtu (ryc. 4).

Listki są owalnie jajowate do równowąskich, u nasady często asymetryczne, szczytowy często wykazuje tendencję do dichotomicznego rozszczepiania swej blaszki. Listki są krótkoogonkowe, sztywne $\pm$ skórzaste, nagie, w nasadzie często całobrzegie, górą coraz gęściej ostro ząbkowane. Charakterystyczna jest nerwacja listków. Wzdłuż listka biegnie nerw środkowy, od którego pierzasto odbiegają liczne nerwy boczne, które ku brzegowi dzielą się dichotomicznie 1—3 razy. Listki nierozwinięte nakładają się na siebie płasko i pokrywają częściowo od góry do dołu (liście zachodzące); jest to cecha bardzo charakterystyczna dla cykasowatych, u paproci występuje tylko u rodzaju *Botrychium*.

Drugi liść i następne wyrastają z kłódziny w dużych odstępach czasu (patrz tabela) od 155—389 dni, zwykle na wiosnę, w miesiącach kwietniu

i maju, chociaż nie jest to regułą, zauważono bowiem, że niektóre liście rozwijały się w listopadzie i w styczniu. Liczba listków liści złożonych wzrasta stopniowo z wiekiem rośliny; już trzecie, czwarte i piąte liście



Ryc. 4. Listki pierwszego liścia z różnych okazów roślin *Stangeria*.

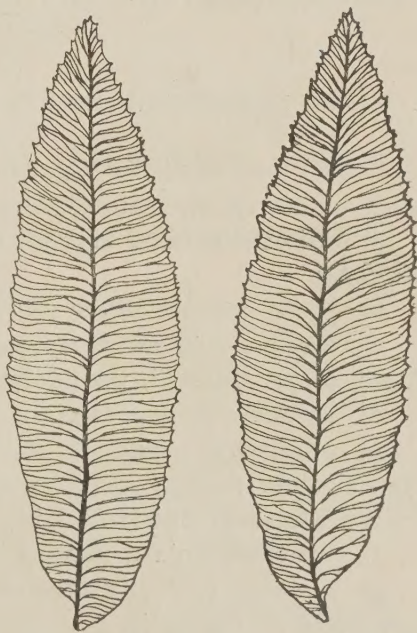
są 5—7 listkowe. Poszczególne listki są równowąskie, siedzące, 10,5—12,5 cm długie, 3,5 cm szerokie i zachowują nadal asymetrię blaszki liściowej (ryc. 5). Nierzadko blaszki szczytowych listków są głęboko dichotomicznie rozszczepione. Listki boczne wyrastają naprzeciwlegle albo są względem siebie nieznacznie przesunięte, przy czym nie jest to cechą stałą.

Ze wszystkich siewek stangerii (51 sztuk) trzy okazy dotychczas (luty 1955 r.) posiadają po 4 liście, tylko jeden okaz jest pięcioliściowy, większość natomiast ma 3 liście.

Młode okazy stangerii były przesadzane dotychczas dwa razy: w maju 1952 roku i w kwietniu 1954 r. W czasie przesadzania zauważyłam, że w tym stanie rozwoju kłódzina wraz z wydłużonym korzeniem palowym przewyższają, często dwukrotnie, długość liści.

Na niektórych korzeniach przybyzowych kłódziny znajdują się kulcowate, różowawe zgrubienia, zawierające w komórkach glony (niewątpliwie sinice, Coulter J. and Chamberlain Ch. 1917).

W czasie ostatniego przesadzania część roślin została wysadzona do specjalnie wysokich doniczek, część zaś w nowej szklarni holenderskiej



Ryc. 5. Listki liścia trzeciego.

Coulter J. and Chamberlain Ch. 1917).

do gruntu, do ziemi mieszanej, kompostowo-darniowo-gliniastej z dodatkiem piasku. Rośliny pozostają w wilgotnej szklarni o temp. 18—22°C.

Fotografie wykonał H. Błaszczyk.

L I T E R A T U R A

- B r o n g n i a r t A., 1829. Recherches sur l'organisation des tiges des Cycadées. Ann. Sc. Nat. Bot. I, 16: 389—402.
- C o u l t e r J. M. and C h a m b e r l a i n Ch. J., 1917, Morphology of Gymnosperms. Cycadales. 91—162. Chicago.
- K i r c h n e r P., 1935. Die Familie der Cycadeen. „Mitteilungen der Deutschen Dendrologischen Gesellschaft“, nr 47.
- M i q u e l F. A., 1841, Monographia Cycadearum. 82.
- P a v o l i n i A. F., 1909, La Stangeria paradoxa Th. Moore. Nuovo Giorn. Bot. Ital. 16: 335—351.
- P i l g e r R., 1926, Leipzig, Cycadeae. Die natürlichen Pflanzenfamilien. Engler A. u. Prantl K. 13 Band, 44—87.
- S o l m s - L a u b a c h H., 1890. Die Sprossfolge der Stangeria und der übrigen Cycadeen. „Botanische Zeitung“, nr 12, 13, 14, 15.
- W e t t s t e i n R., 1924. Leipzig, Handbuch der systematischen Botanik. Wien.

PRACE NAUKOWO-BADAWCZE PROWADZONE W OGRODACH BOTANICZNYCH

(ciąg dalszy)

6. OGRÓD BOTANICZNY INSTYTUTU HODOWLI I AKLIMATYZACJI ROŚLIN W BYDGOSZCZY

Zespół pracowników Ogrodu prowadzi następujące prace i badania naukowe na terenie samego Ogrodu oraz na terenie łąk nadnoteckich:

- a) doświadczenia z krzyżówkami wegetatywnymi (*Solanaceae* i *Compositae*),
- b) prace nad metodyką szczepień w rodzinie *Rosaceae*,
- c) badania nad aklimatyzacją gatunków pozakrajowych (kukurydza, sorgo, pieprz turecki, pomidory i wiele innych),
- d) dokumentację materiału roślinnego Ogrodu,
- e) obserwacje fenologiczne ze szczególnym uwzględnieniem takich zjawisk jak: rozwój liści, kwiatów, owoców i nasion, jesienna zmiana barwy liści oraz opadanie liści,
- f) doświadczenia z ukorzenianiem sadzonek,
- g) badania nad siłą kiełkowania nasion gatunków roślin, kolekcjonowanych w Ogrodzie,
- h) rejestrację zespołów trzęślicy modrej (*Molinia coerulea* (L.) M o e n c h.) w dolinie Noteci,
- i) badania nad rozmieszczeniem ekotypów roślin pastewnych i ich rejestracja,
- j) badania nad rozmieszczeniem ekotypów dziko rosnących na Pomorzu roślin przemysłowych, leczniczych i trujących.

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 stronic, oznaczoną literami arabskimi. W wypadku wydawnictwa książkowego a nie periodycznego, należy podać liczbę stronic, 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 cyframi.

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).

Z NOWOŚCI WYDAWNICZYCH

JÓZEF MAŁAŁSKI

ATLAS FLORY POLSKIEJ I ZIEM OŚCIENNYCH

(*Florae polonicae terrarumque adiacentium iconographia*)

Polska Akademia Nauk. Tom I, zesz. 3: Taxaceae, Pinaceae,
Cupressaceae, Ephedraceae, Tablice oprac. T. Szynał, str. 17,
tablic 20, zł 18.

(Zeszyty 1 i 2 ukazały się nakładem PWN w r. 1954)

JÓZEF MAŁAŁSKI

JAK NALEŻY ZBIERAĆ I KONSERWOWAĆ ROŚLINY DO CELÓW NAUKOWYCH

str. 85, rys. zł 2,95

STANISŁAW DOMAŃSKI

GRZYBY KAPEŁUSZOWE (*APHYLLOPHORALES* *AGARICALES*) ZEBRANE W WIELKOPOLSKIM PARKU NARODOWYM W LATACH 1948—1952

Poznańskie Towarzystwo Przyjaciół Nauk, Wydział Matema-
tyczno-Przyrodniczy. Prace monograficzne nad przyrodą Wiel-
kopolskiego Parku Narodowego pod Poznaniem t. II, zesz. 11,
str. 46, zł 9.—

PWN