

Chloroplasty w skórce liści roślin dwuliściennych

*Sur l'existence des chloroplastes dans l'épiderme des feuilles
des Dicotylédones*

E. MIKULSKA

WSTĘP

Nie jest dotychczas całkowicie wyjaśnione, jaki typ plastydów znajduje się w skórce liści roślin dwuliściennych lądowych. Utarł się na ogólny pogląd, który znalazł wyraz w literaturze podręcznikowej (Aleksandrow 1954, Eames i Mc Daniels 1947, Guttenberg 1952, Haberlandt 1909, Rzadorski 1949, Strasburger 1923), że chloroplasty występują w skórce liści paprotników, roślin wodnych i roślin stanowisk bardziej cienistych; uważa się natomiast, że skórka roślin dwuliściennych lądowych zawiera zasadniczo leukoplasty, a tylko u niektórych roślin są chloroplasty z niewielką ilością chlorofilu i z nieznaczną ilością skrobi (Aleksandrow 1954, Haberlandt 1909, Rzadorski 1949, Strasburger 1923). Jedynie Esau (1953) podaje — bez dalszych komentarzy — że w skórce liści roślin lądowych naczyniowych znajdują się „no-well-differentiated chloroplasts”.

W dawniejszej literaturze istnieje szereg prac (Stöhr 1879, Schimper 1885 oraz — według Linsbauer 1930 — De Bary 1877, Solereder 1908), które zajmują się chloroplastami w skórce górnej i dolnej liści. Stöhr (1879) dał poważny i obszerny materiał dowodzący występowania chloroplastów w skórce liści roślin dwuliściennych lądowych; w tej samej jednak pracy wysunął szereg naiwnych poglądów dotyczących powstawania chloroplastów i skrobi; mogło to stać się przyczyną, że praca ta nie jest uwzględniana w literaturze, wskutek czego zapomniane zostały cenne obserwacje tego autora.

Ostatnio w dostępnej mi literaturze ukazały się dwie prace zajmujące się plastydami w skórce. Alscheri Lawin (1953) w skórce *Spinacia oleracea* L. znaleźli fluoryzujące “pigmented granules” jasnozielone, śred-

nicy $1,1 \mu$ i zielonożółte o średnicy $1,2 \mu$. Autorzy traktują te utwory jako niedojrzałe lub degenerujące chloroplasty. Nie powołując się na dawniejszą literaturę, uważają swoje obserwacje za nowy aspekt sprawy występowania chloroplastów w skórce. W e b e r, T h a l e r i K e n d a (1955) stwierdzili w dolnej skórce *Cleome* obecność chloroplastów, które wykazują słabą fluorescencję oraz opóźnioną reakcję z AgNO_3 . Zdaniem autorów, chloroplasty te nie są wprawdzie zdolne do tworzenia skrobi drogą fotosyntezy, natomiast kondensują ją energicznie z cukrów dopływających; dla tego rodzaju chloroplastów autorzy proponują nazwę „active Intermmediärplastiden“.

Możliwość wykrycia chlorofilu w mikroskopie fluorescencyjnym, dzięki jego własnej fluorescencji, a także na podstawie reakcji z AgNO_3 (metody te dotąd były tylko sporadycznie stosowane w badaniach plastydów znajdujących się w skórce liści), pozwala obecnie na bardziej obiektywną ocenę różnych kategorii plastydów.

MATERIAŁ I METODY

Zbadano skórkę liści 187 gatunków roślin dwuliściennych należących do 87 rodzin. Rośliny jednoliścienne zostaną omówione osobno. Z nagozalążkowych uwzględniono *Ginkgo biloba*, *Thuja* i *Podocarpus* — te dwa ostatnie ze względu na kserofityczną budowę liści. Były to rośliny w większości wypadków dziko rosnące w Polsce, zebrane ze stanowisk naturalnych. Wśród nich znalazły się szereg kserofitów oraz rośliny występujące na nasłonecznionych wydmach. Okazy flory obcej uzyskane były z Ogrodu Botanicznego Uniwersytetu Warszawskiego. Badaniami zostały objęte rośliny zielne jednoroczne i wieloletnie, w obrębie tych ostatnich zarówno drzewa i krzewinki zrzucające liście na zimę, jak i zimozielone.

Ze względu na duże trudności, jakie związane są ze zdejmowaniem skórki z górnej strony liści, badania jej ograniczono do nielicznych roślin, z reguły zaś przeprowadzano obserwacje na skórce dolnej. Brano zawsze pod uwagę komórki żywe, wykazujące ruch cytoplazmy. Do doświadczeń używane były wyłącznie liście dojrzałe, będące w pełni rozwoju.

Cięcność chlorofilu w plastydach stwierdzano stale w mikroskopie fluorescencyjnym. Ponadto stosowano typową dla chloroplastów reakcję Molischa (2% roztwór AgNO_3) i odczynnik Girouda (10 cz. AgNO_3 , 1 cz. kwasu octowego lodow., 100 cz. wody, $\text{pH} = 4$). Dla wykrycia skrobi w plastydach stosowano J w KJ, dla wykrycia kryształów białkowych stosowano reakcję z bromofenolem wg M a z i a, B r e w e r a i A l f e r t a (1953).

Zdolność plastydów do tworzenia skrobi na świetle, a także do kondensowania jej z cukrów dopływających, badano na materiale pozbawionym skrobi przez przetrzymywanie roślin w ciemności. Zaciemnianie przeprowadzano w dwojakim sposobie, a mianowicie: ulistnione łodygi umieszczano w naczyniu z wodą i wstawiano do ciemnego pomieszczenia, bądź też całe rośliny rosnące w ogrodzie okrywano nie przepuszczającymi światła osłonami. Mimo iż rośliny zielne jednoroczne nie wykazywały zwykle skrobi w plastydach skórki i mezofilu już po upływie 24 godzin przebywania w ciemności, dla uzyskania zupełnie pewnych rezultatów zaciemniano je z reguły przez 48 godzin. Proces zanikania skrobi w liściach roślin zimozielonych (*Vinca minor*, *Buxus sempervirens*, *Hedera helix*) trwał znacznie dłużej, bo od 72 do 96 godzin, a niekiedy nawet i dłużej. Osłanianie roślin rosących w ogrodzie dawało lepsze i szybsze rezultaty niż zaciemnianie odciętych, ulistnionych pędów. Z liści pozbawionych skrobi zdejmowano dolną skórkę, po czym jedne kawałki skórki wielkości 5—10 mm² umieszczano w probówkach z wodą na słońcu, inne — o tych samych wymiarach — w probówkach z 2% roztworem glukozy, w ciemności. Aby stwierdzić ewentualne różnice w szybkości tworzenia się skrobi w plastydach skórki znajdującej się na liściu i w plastydach skórki izolowanej, postępowano podobnie, z tym że w wodzie na świetle lub w roztworze cukru w ciemności umieszczano teraz fragmenty ulistnionych łodyg uprzednio pozbawionych skrobi i skórkę zdjętą z ich liści. Co pół godziny lub częściej sprawdzano przy pomocy JwKJ pojawianie się skrobi w plastydach skórki i mezofilu.

Wypada zaznaczyć, że rośliny zimozielone (*Buxus sempervirens*, *Vinca minor*, *Hedera helix*) nie nadają się do doświadczeń nad aktywnością fotosyntetyczną plastydów skórki. Zanikanie skrobi jest bardzo powolne, niekiedy trwa cały tydzień. Plastydy po długim zaciemnieniu stają się tak delikatne, że zdejmowanie skórki powoduje ich uszkodzenie (rozpadają się). Zaledwie jeden raz udało się w tych warunkach otrzymać skórkę z komórkami żywymi i z nieuszkodzonymi plastydami.

Posługiwanie się mikroskopem fluorescencyjnym firmy Zeiss oraz mikroskopem „Lumipan“ Zeissa. Mikrofotografie wykonano przy pomocy urządzenia „Mikrophot“ firmy Rathenow.

BADANIA WŁASNE

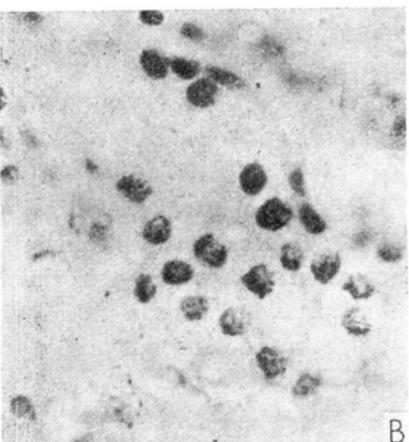
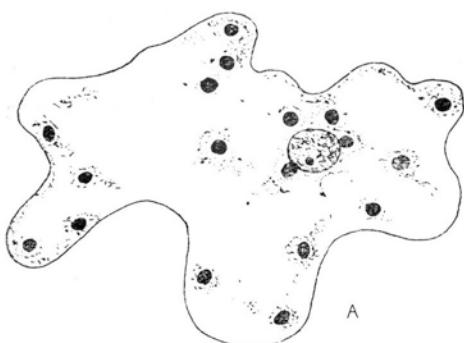
Szczegółowe rezultaty obserwacji i doświadczeń nad plastydami skórki liści przedstawione są na załączonej tabeli.

Wielkość plastydów w dolnej skórce w omawianym materiale wahała się w dość szerokich granicach — a mianowicie od 0,9 μ do 6,33 μ. Najczęściej zdarzały się plastydy średniej wielkości: od 2,1 μ do 4,5 μ. Wy-

stępowały one u 86 gatunków badanych roślin (46,0%). Duże plastydy (od 5,4 do 6,3 μ) znaleziono u 53 gatunków (28,4%). Plastydy małe (0,9 do 1,8 μ) występowały u 48 gatunków (25,6%). Wielkość plastydów nie była cechą charakterystyczną danej rodziny, chociaż u niektórych rodzin, jak np. u *Compositae*, spotykano tylko duże plastydy.

Podobnie różnorodna była ilość plastydów znajdujących się w komórkach skóry. Najczęściej liczba plastydów wahała się od 8 do 20. Najmniejsza obserwowana ilość plastydów w komórkach wynosiła 2—5 (stwierdzono to szczególnie u roślin drzewiastych, np. u *Morus alba*), najwięcej zaś plastydów w komórce znaleziono u 2 gatunków *Linum* (*L. perenne* L. i *L. extraaxillare* L.), gdzie maksymalna ich liczba wynosiła 53. W obrębie tej samej rodziny ilość plastydów wahała się zwykle w tych samych granicach. Nie można było ustalić żadnej zależności pomiędzy ilością plastydów w komórce a ich wielkością.

Intensywność zabarwienia plastydów była niejednakowa. W większości wypadków plastydy były barwy wyraźnie zielonej. Zupełnie wyjątkowo zdarzały się plastydy bardzo jasnozielone z odcieniem niebieskawym; z reguły były to plastydy bardzo drobne. W wypadkach, kiedy



Ryc. 1. *Viola tricolor*. Chloroplasty dolnej skóry z homogennym osadem srebra

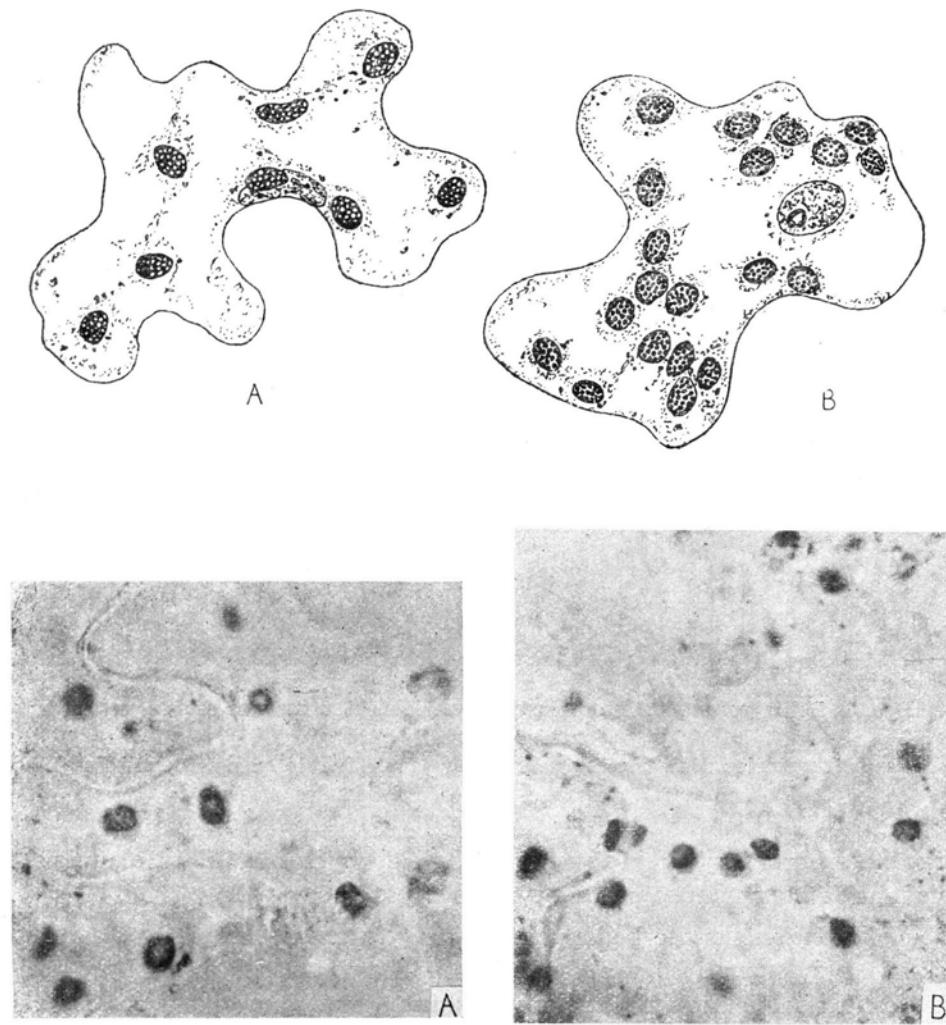
Le dépôt homogène d'argent au niveau des chloroplastes d'épiderme inférieur

w plastydach były kryształy białka lub skrobia, prawie całkowicie prześlaniające stromę, sprawę występowania w nich chlorofili rozstrzygał dopiero mikroskop fluorescencyjny.

Badania w mikroskopie fluorescencyjnym dowiodły, że plastydy skóry przeważającej ilości badanych roślin zawierały chlorofil. Zaledwie 2,6%

gatunków nie wykazywało fluorescencji. Była ona wyraźna nawet w wypadku plastydów obficie wypełnionych skrobą oraz w plastydach bardzo drobnych, to znaczy w tych wypadkach, kiedy barwa zielona plastydów była słabo widoczna, a nawet niewidoczna w mikroskopie zwykłym.

Reakcja z AgNO_3 była pozytywna dla 167 gatunków (89,2%). Pośród roślin posiadających plastydy fluoryzujące zaledwie 15 gatunków (8,1%)

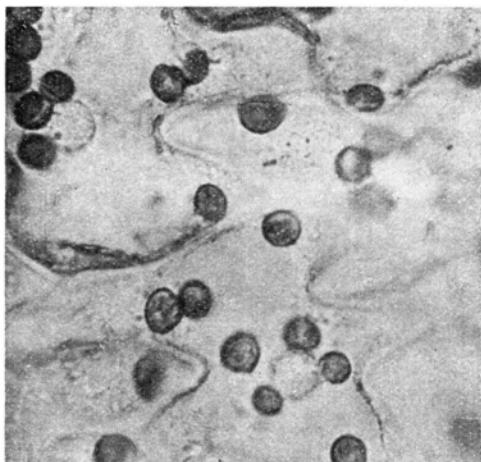


Ryc. 2. A — chloroplasty dolnej skórki *Lactuca sativa* z widocznym osadem srebra w stromie, B — chloroplasty *Gentiana asclepiadea* z osadem srebra w granach

Le dépôt d'argent dans les chloroplastes d'épiderme inférieur A — dans le stroma (*Lactuca sativa*); B — dans les grana (*Gentiana asclepiadea*)

nie redukowało AgNO_3 . Tam gdzie plastydy nie wykazywały fluorescencji — reakcja z AgNO_3 wypadła ujemnie.

Co się tyczy szybkości osadzania się srebra w plastydach komórek skórki, to w 61,0% zbadanych gatunków następowała ona jednocześnie z redukcją w chloroplastach komórek szparkowych, w 28,5% roślin zachodziła wolniej niż w tych ostatnich, zaś w 10,5% — szybciej. Tam gdzie reakcja przebiegała szybko, lub gdzie plastydy były drobne o granach niewidocznych, srebro osadzało się jednolicie (ryc. 1). W dużych plastydach srebro osadzało się bądź w miejscach odpowiadających granom, bądź też grana dawały reakcję ujemną, a jedynie stroma wykazywała czarne zabarwienie (ryc. 2). U nielicznych roślin obserwowano osady srebra w formie ciemnych pierścieni na obwodzie plastydów (ryc. 3). Bardzo



Ryc. 3. *Bellis perennis*. Chloroplasty dolnej skórki z osadem srebra w formie pierścienia na obwodzie plastydów

Les chloroplastes dans l'épiderme inférieur d'une feuille avec le dépôt d'argent en forme d'anneau à la périphérie des plastes

rzadko srebro strącało się w postaci tak grubych ziaren, że o umiejscowieniu osadu trudno było zadecydować.

Ogromna większość badanych roślin wytwarzala skrobię w plastydach skórki, przy czym ilość, wielkość i sposób ułożenia ziaren skrobi były różne. U roślin wieloletnich zimozielonych skrobia występowała w postaci bardzo dużych ziaren wypełniających plastyd całkowicie (ryc. 4). Plastydy takie były bardzo nietrwałe i przy najlżejszym nacisku, spowodowanym np. przez nakrycie preparatu szkiełkiem przykrywkowym, rozпадały się uwalniając ziarna skrobi. Ziarna te pokryte były delikatną zieloną otoczką plastydalną, wykazującą czerwoną fluorescencję. Otoczkę wokół ziaren

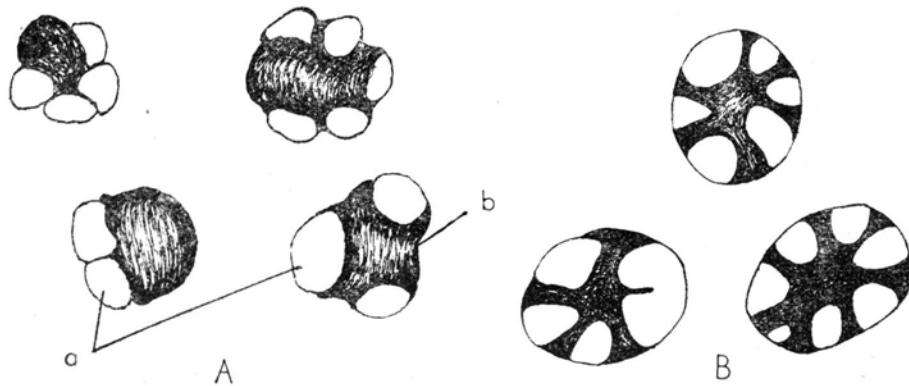
skrobi pochodząca z rozpadających się plastydów opisał Weier (1938), a także znalazłam ją już wcześniej w mezofilu *Buxus sempervirens* (1957). Występowanie wspomnianej otoczki zdaje się wskazywać na trwałe i ścisłe zespolenie plastydów z ziarnem skrobi.

Można było stwierdzić trojakiego rodzaju umiejscowienie skrobi w plastydzie. Duże ziarna skrobi mogły się tworzyć w peryferycznych

Ryc. 4. *Vinca minor*. Chloroplasty dolnej skórki liścia wypełnione ziarnami skrobi
Les chloroplastes de l'épiderme remplis de grains d'amidon



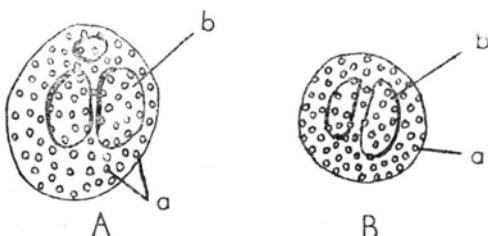
częściach plastydów; rozrastając się rozrywali one brzeg stromy, wskutek czego zewnętrzne części ziaren skrobi wystawały poza obręb plastydów, nie wykazując w tych miejscach śladu otoczki pochodzenia plastydowego; właściwa masa plastydów skupiona była w jego środkowej części. Rycinę 5 (na przykładzie *Helleborus niger* i *Mercurialis perennis*) przedstawia ten



Ryc. 5. A — *Helleborus niger*, B — *Mercurialis perennis*. Chloroplasty dolnej skórki: a — ziarna skrobi; b — stroma z osadem srebra
Les chloroplastes dans l'épiderme inférieur: a — grains d'amidon; b — le dépôt d'argent dans le stroma

sposób ułożenia skrobi w plastydzie. Inne umiejscowienie skrobi pokazane jest na ryc. 6. Występowały tutaj duże, ale niewielkie ziarna skrobi. Tworzyły się one inaczej niż u poprzedniej grupy roślin, tzn. głęboko wewnątrz plastydów i nie dochodziły do jego obwodu. Inne jeszcze plastidy posiadały bardzo liczne i bardzo drobne ziarna skrobi. W plasty-

dach tych oglądanych z góry ziarna skrobi były ułożone w sposób przypominający grana, do których były również podobne wielkością, jednak kształt ich — w przeciwieństwie do gran — był bardziej ovalny. W plastydach tych oglądanych z góry ziarna skrobi były ułożone w sposób przypominający grana, do których były również podobne wielkością, jednak kształt ich — w przeciwieństwie do gran — był bardziej ovalny. W plastydach tych oglądanych z góry ziarna skrobi były ułożone w sposób przypominający grana, do których były również podobne wielkością, jednak kształt ich — w przeciwieństwie do gran — był bardziej ovalny.

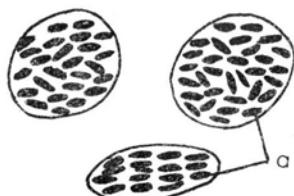


Ryc. 6. A. *Galinsoga parviflora*, B — *Bellis perennis*. Chloroplasty dolnej skórki: widoczne grana (a) i ziarna skrobi (b) tkwiące głębiej w stromie

Les chloroplastes de l'épiderme inférieur; a — granas, b — les grains d'amidon enfoncés profondément dans le stroma

stydach oglądanych z profilu ziarna skrobi ułożone były w dosyć regularne szeregi (ryc. 7).

Możliwość obserwacji gran jest uwarunkowana przede wszystkim ich wielkością, nie bez wpływu jest jednak ilość a także układ ziaren skrobi. Stąd więc grana mogą być niewidoczne, jakkolwiek w plastydzie występują.



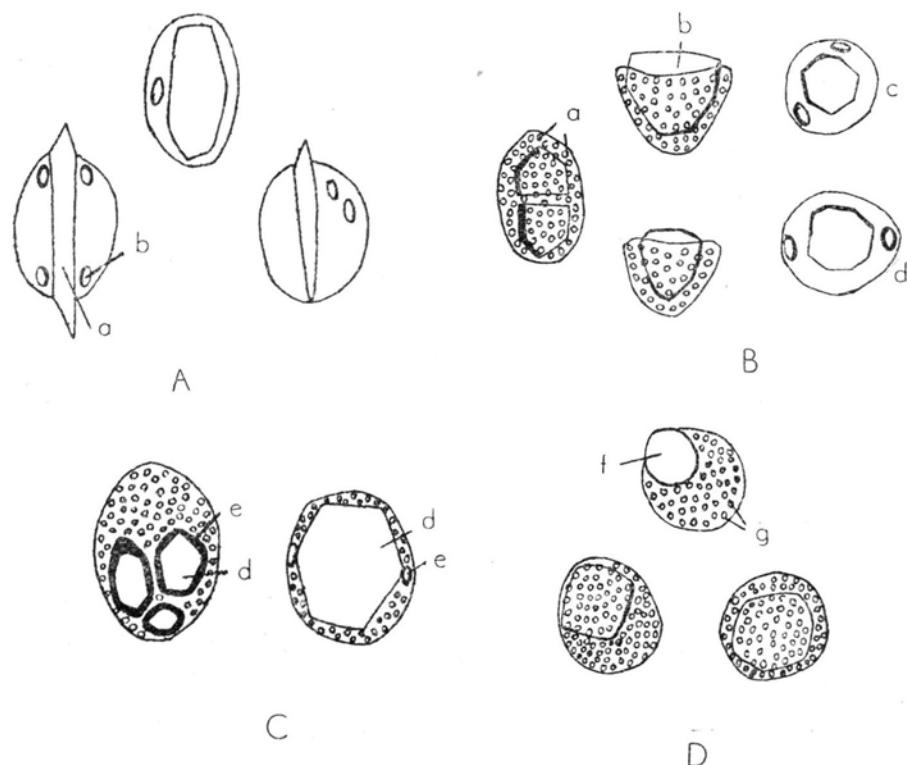
Ryc. 7. *Bryonia alba*. Chloroplasty dolnej skórki z drobnymi i licznymi ziarnami skrobi (a)
Les chloroplastes de l'épiderme inférieur contenant plusieurs grains d'amidon (a) de petite taille

pują. Zawsze po usunięciu skrobi z plastydów (przez zaciemnienie rośliny) udawało się stwierdzić w odsłoniętej w ten sposób stromie obecność gran. Z reguły grana były niewidoczne lub bardzo niewyraźne w małych plastydach ($0,9$ — $1,2 \mu$). Niekiedy grana były także maskowane przez występujące w stromie plastydu kryształy białkowe, np. w plastydach skórki *Morus alba* lub *Symphytum officinale*.

W plastydach skórki niektórych roślin spotykano kryształy białka. Występowały one bądź pojedynczo — wtedy były stosunkowo duże — bądź też jako grupa mniejszych kryształów (ryc. 8). W niektórych plastydach skórki *Anchusa officinalis* kryształy białkowe otoczone były warstwą skrobi, wyraźnie barwiącą się na fioletowo w jodku po-

tasu, w innych zaś plastydach u tej samej rośliny pojedyncze kryształy białkowe tkwiły bezpośrednio w stromie, a obok nich znajdowały się drobne ziarna skrobi (ryc. 8). Ten ostatni obraz zdarzał się także u innych roślin, których plastydy zawierały kryształy białkowe.

Zwykle ten sam typ plastydów właściwy był wszystkim badanym przedstawicielom danej rodziny. Np. u Compositae (zbadanych 15 gatun-



Ryc. 8. A — *Symphytum officinale*; B — *Ranunculus repens*; C — *Anchusa officinalis*; D — *Asarum europaeum*

A — chloroplasty dolnej skórki z kryształami białkowymi (a) i ziarnami skrobi (b) po zatrzymaniu J w KJ; B — chloroplasty z widocznymi granami (a) i kryształami białka (b) oraz chloroplasty (c, d) poddane działaniu J w KJ, widoczne ziarna skrobi obok kryształów białkowych; C — chloroplasty z kryształami białkowymi, niektóre kryształy białka (d) otoczone warstwą skrobi (e); D — chloroplasty z widocznymi granami (g) i kryształami białka (f)

A — les chloroplastes de l'épiderme inférieur renfermant des cristaloïdes protéiques (a) et des grains d'amidon (b) après l'action du IKI; B — les chloroplastes contenant des cristaloïdes protéiques (b) avec des grana bien visibles (a) et les chloroplastes traités par le IKI (c, d), on voit des grains d'amidon à côté des cristaloïdes protéiques; C — les chloroplastes renfermant les cristaloïdes protéiques (d), certains d'entre eux sont entourés d'une couche d'amidon (e); D — les chloroplastes avec des grana bien visibles (g) et avec des cristaloïdes protéiques

Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści:

Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles

Lp.	Gatunek — Espèce	Rodzina Familie	Ilosc Nombre	Wielkość Dimensions	Barwa Couleur ¹⁾	Fluorescencja du AgNO ₃ ²⁾	Redukcja du AgNO ₃ ³⁾	Granats Grenats	Ziarne skrobis d'amidon	Kryształy białkowe Cristalloïdes proteïques	Uwagi
1	<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.	<i>Betulaceae</i>	5—8	male	++	+	+ + H	prawie nie- widoczne	—	kilką ma- łych ziaren	Zgodne z obser- wacjami Stöhra
2	<i>Carpinus betulus</i> L.	,	8—13	średnie	++	+	—	—	—	niewidoczne brak	"
3	<i>Corylus avellana</i> L.	,	4—8	male	++	+	+ + H	niewidoczne brak	—	niewidoczne brak	"
4	<i>Myrica cerifera</i>	<i>Myricaceae</i>	13—16	male	++	+	+ + H	niewidoczne brak	—	niewidoczne brak	"
5	<i>Populus nigra</i> L.	<i>Salicaceae</i>	6—8	male	++	+	+ + H	niewidoczne brak	—	niewidoczne brak	"
6	<i>Morus alba</i> L.	<i>Moraceae</i>	2—5	duże	++	+	+ H	niewidoczne brak	—	niewidoczne brak	"
7	<i>Cannabis sativa</i> L.	<i>Cannabaceae</i>	6—8	średnie	++	+	+ H	niewidoczne liczne duże ziarna	—	—	
8	<i>Urtica dioica</i> L.	<i>Urticaceae</i>	4—8	duże	++	+	+ + H	widoczne drob- ne ziarna brak	—	kryształy białkowe	
9	<i>Rumex acetosa</i> L.	<i>Polygonaceae</i>	12—16	male	++	+	—	widoczne b. stabo	—	—	
10	<i>Rumex acetosella</i> L.	,	13—18	średnie	++	+	—	widoczne stabo	—	—	
11	<i>Rumex alpinus</i> L.	,	18—28	male	++	+	+ + H	widoczne stabo	—	brak	
12	<i>Polygonum aviculare</i> L.	,	8—13	średnie	++	+	+ + H	widoczne stabo	—	b. niewielkie male ziarna	
13	<i>Chenopodium album</i> L.	<i>Chenopodiaceae</i>	8—12	średnie	++	+	+ H	widoczne stabo	—	nieliczne duże ziarna	
14	<i>Beta vulgaris</i> L.	,	8—13	średnie	++	+	+ H	widoczne	—	brak	

15	<i>Spinacia oleracea</i> L.	,		6—10 średnie +	+ H	widoczne słabo niewidoczne b.	brak		
16	<i>Amaranthus caudatus</i> L.	<i>Amarantaceae</i>		7—14 średnie +	+ H	duże ziarna brak	kryształny białkowe		
17	<i>Peireschia aculeata</i> Mill.	<i>Cactaceae</i>		8—12 średnie + + +	+ + H	widoczne słabo			
18	<i>Epiphyllum truncatum</i> Haw.	,		8—12 małe +	+ H	widoczne słabo	brak		
19	<i>Portulaca oleracea</i> L.	<i>Portulacaceae</i>		20—25 średnie + +	+ H	widoczne słabo			
20	<i>Saponaria officinalis</i> L.	<i>Caryophyllaceae</i>		17—20 duże + +	+ + G	b. słabo wi- doczne	kilka dużych nieliczne drobne ziarna		
21	<i>Gypsophila paniculata</i> Fisch.	,		20—26 b. małe + +	+ + H	niewidoczne nieliczne drobne ziarna	liczne drob- ne ziarna liczne duże ziarna	Zgodne z obser- wacjami Stöhra	
22	<i>Agrostemma githago</i> L.	,		8—23 średnie + +	+ + H	widoczne +			
23	<i>Mercurialis perennis</i> L.	<i>Euphorbiaceae</i>		8—12 duże + +	+ + H	widoczne +			
24	<i>Euphorbia cyparissias</i> L.	,		8—14 b. małe + +	+ H	niewidoczne b. nieliczne małe ziarna			
25	<i>Euphorbia peplus</i> L.	,		6—10 średnie + +	+ H	widoczne wyraźnie niewidoczne	b. nieliczne male ziarna liczne duże ziarna		
26	<i>Buxus sempervirens</i> L.	<i>Buxaceae</i>		12—16 małe +	+ + H	niewidoczne +			
27	<i>Platanus acerifolia</i> Willd.	<i>Platanaceae</i>		4—8 małe + +	+ H	niewidoczne kilka ziaren	małe ziaren kryształny białkowe	Zgodne z obser- wacjami Metz- nera P.	
28	<i>Magnolia</i> sp.	<i>Magnoliaceae</i>		6—8 średnie + +	+ + +	+ G	widoczne mało lub brak		
29	<i>Asarum europaeum</i> L.	<i>Aristolochiaceae</i>	12—16	duże + + +	+ + +				

Lp.	Gatunek — Espèce	Rodzina Familie	Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści						Uwagi
			Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles			Kryształy białkowe Cristalloïdes protéiques			
			Graana	Ziarna skrobki	Grains d'amidon				
30	<i>Aristolochia siphonifera</i> L.	<i>Aristolochiaceae</i>	4—8 6—13	duże małe	++ +	++ +	+ + G —	niewidoczne liczne ziarna niewidoczne b. małe i b. niewidoczne	Zgodne z obserwacjami Stöhra
31	<i>Berberis vulgaris</i> L.	<i>Berberidaceae</i>							
32	<i>Delphinium Ajacis</i> L.	<i>Ranunculaceae</i>	23—31	duże	++	+	+ + H	widoczne ziarna brak	Niezgodne z obserwacjami Stöhra
33	<i>Paeonia officinalis</i> L.	"	9—15	małe	—	—	—	niewidoczne 2—3 duże ziarna mało lub brak	
34	<i>Caltha palustris</i> L.	"	10—14	średnie	++	+	+ + H	widoczne ziarna brak	
35	<i>Trollius europaeus</i> L.	"	12—20	średnie	—	—	—	niewidoczne duże ziarna w części obwodowej plastydu	
36	<i>Helleborus niger</i> L.	"	8—12	duże	+	+	+ + H	niewidoczne liczne duże ziarna	
37	<i>Helleborus corsicus</i> L.		12—18	b. duże	—	—	—	niewidoczne brak	
38	<i>Aquilegia vulgaris</i> L.	"	10—14	średnie	+	+	+ H	niewidoczne brak	
39	<i>Aconitum napellus</i> L.	"	12—18	średnie	++	+	—	widoczne brak	duże kryształy białkowe
40	<i>Clematis vitalba</i> L.	"	7—16	duże	++	+	+ S	nieliczne ziarra wyraźnie	kryształy białkowe

41	<i>Anemone nana</i> L.	,	10—13	średnie	++	+	++ H	niewidoczne b., małe nie-liczne ziarna	
42	<i>Ranunculus repens</i> L.	,	8—17	średnie	++	+	+ H	widoczne w nielicznych plasty-dach 1—2 ziaren	kryształy białkowe *
43	<i>Ranunculus lingua</i> L.	,	25—36	małe	++	+	+ H	widoczne b. mało	
44	<i>Isatis tinctoria</i> L.		15—20	b. małe	+	+	++ H	widoczne brak	
45	<i>Hesperis matronalis</i> L.	,	14—18	duże	++	+	++ S	widoczne b. mało	Zgodne z obser-wacjami Stöhra
46	<i>Armoracia lapathifolia</i> Gibb.	,	6—14	małe	+	+	++ + H	widoczne nieliczne male ziarna	
47	<i>Rorippa silvestris</i> (L.) Bess.	,	6—14	średnie	++	+	++ + H	widoczne b. skabo	
48	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC	,	7—16	średnie	++	+	++ + H	widoczne liczne drob-ne ziarna	
49	<i>Capsella bursa-pastoris</i> (L.) Med.	,	8—14	małe	++	+	++ H	widoczne skabo	
50	<i>Reseda lutea</i> L.		24—33	male	+	+	++	niewidoczne liczne drob-ne ziarna	
51	<i>Helianthemum canum</i> (L.) Baumg.	Cistaceae	10—13	średnie	++	+	++ H	niewidoczne 2—4 malych ziaren	
52	<i>Helianthemum alpestre</i> (Jacq.) DC	,	10—13	średnie	++	+	++ H	niewidoczne 2—4 malych ziaren	
53	<i>Drosera rotundifolia</i> L.	Droseraceae	22—34	duże	++	+	++ H	widoczne 1—5 b. du-dobrze	
54	<i>Viola silvestris</i> Röschb.	Violaceae	10—18	średnie	++	+	++ H	widoczne brak	Zgodne z obser-wacjami Stöhra

Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści

Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles

Lp.	Gatunek — Espèce	Rodzina Famille	Ilosc	Wielkość Dimension	Numer	Barwa Couleur („)	Fluorescencja Redukcja AgNO ₃ ^{a)}	Granula du AgNO ₃ ^{a)}	Zjarna skrobki d'aridon	Kryształy białkowe Cristalloïdes protéiques	Uwagi
55	<i>Viola odorata</i> L.	Violaceae	9—15	średnie	++	+	+ H	widoczne	kilkę drobnych ziaren brak	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
56	<i>Viola tricolor</i> Witttr. L.	,,	16—22	b. male	+	+	+ + H	widoczne	stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
57	<i>Viola rupestris</i> Schn.	"	10—16	średnie	++	+	+ + H	widoczne	stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
58	<i>Hypericum perforatum</i> L.	<i>Guttiferae</i>	8—12	średnie	++	+	+ + H	widoczne	stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
59	<i>Ribes vulgare</i> Lam.	Saxifragaceae	7—11	średnie	++	+	+ + H	widoczne	b. mało stabo	b. mało stabo	
60	<i>Parnassia palustris</i> L.	"	10—13	duże	++	+	+ S	widoczne	b. mało stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
61	<i>Philadelphia coronarius</i> Auct.	"	8—10	duże	++	+	—	widoczne	nieliczne stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
62	<i>Bergenia bifolia</i> Moench.	"	13—16	male	++	+	+ + H	widoczne	b. mało stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
63	<i>Sanguisorba officinalis</i> L.	Rosaceae	8—12	średnie	++	+	+ + H	niewidoczne	liczne ziarno stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
64	<i>Geum urbanum</i> L.	"	8—12	średnie	++	+	+ + H	niewidoczne	liczne ziarno stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
65	<i>Agrimonia eupatoria</i> L.	"	9—19	średnie	++	+	+ H	niewidoczne	b. mało stabo	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
66	<i>Sempervivum soboliferum</i> Sims.	Crassulaceae	24—26	b. male	+	+	+ + H	niewidoczne	brak	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
67	<i>Sedum maximum</i> Sut.	"	20—26	b. male	+	+	+ + H	niewidoczne	brak	Zgodne z obserwacjami Stöhra	
68	<i>Bryophyllum tubiflorum</i>	"	18—24	male	+	+	+ + H	w. wyraźnie 1—4 ziaren	1—4 ziaren	Zgodne z obserwacjami Stöhra	

69	<i>Ononis spinosa</i> L.	<i>Papilionaceae</i>	8—12	średnie	+	+	+ H	niewidoczne b. mało
70	<i>Ononis repens</i> L.	,	8—12	średnie	+	+	+ H	niewidoczne liczne duże ziarna
71	<i>Genista tinctoria</i> L.	,	8—18	małe	+	+	+ H	niewidoczne liczne małe ziarna
72	<i>Medicago lupulina</i> L.	,	20—22	małe	+	+	+ + S	widoczne małe nieliczne ziarna
73	<i>Lathyrus montanus</i> Bernh.	,	18—22	b. małe	+	+	+ + osad	niewidoczne małe b. nieliczne ziarna
74	<i>Lathyrus odoratus</i> L.	,	8—16	średnie	+	+	+ + H	niewidoczne liczne ziarna
75	<i>Astragalus arenarius</i> L.	,	8—12	średnie	+	+	+ H	niewidoczne b. mało
76	<i>Trifolium montanum</i> L.	,	8—16	duże	+	+	+ + + S	niewidoczne liczne duże ziarna
77	<i>Trifolium incarnatum</i> L.	,	8—12	duże	++	+	+ + G	widoczne słabo
78	<i>Lupinus polyphyllus</i> L.	,	8—18	średnie	++	+	+ H	widoczne słabo
79	<i>Vicia faba</i> L.	,	8—16	średnie	++	+	+ + H	widoczne ziarna
80	<i>Daphne mezereum</i> L.	<i>Thymelaeaceae</i>	20—22	średnie	++	+	+ + H	widoczne ziarna
81	<i>Eleagnus multiflora</i>	<i>Elegnaceae</i>	4—6	średnie	++	+	+ G	nierozk. ziarna
82	<i>Lythrum salicaria</i> L.	<i>Lythraceae</i>	4—8	małe	+	+	+ H	widoczne brak
83	<i>Epilobium hirsutum</i> L.	<i>Oenotheraceae</i>	8—12	średnie	++	+	+ + H	niewidoczne brak
84	<i>Oenothera biennis</i> L.	,	10—12	średnie	++	+	+ + H	widoczne ziarna
85	<i>Circea lutetiana</i> L.	,	6—10	średnie	++	+	+ + H	niewidoczne liczne ziarna
86	<i>Althea officinalis</i> L.	<i>Malvaceae</i>	8—13	duże	++	+	+ + osad	liczne dość duże ziarna

Niezgodne
z obserwacjami
Constantina

Charakterystyka plastydów dolnej skórki lisci
Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles

Lp.	Gatunek — Espèce	Rodzina Famille	Ilosc Nombre	Wielokosc Dimensions	Redukcja Coulleur ⁽¹⁾	Fluorescencja Barwia	Redukcja AgNO ₃ du AgNO ₃ du Reduction du AgNO ₃	Granats Zirerna skrobi	Kryształy białkowe Cristalloïdes protéiques	Uwagi
87	<i>Malva neglecta</i> Wall.	<i>Malvaceae</i>	8—12	duże	++	+	++ osad niewidoczne srebra ziarnisty	4—8 duzych ziaren		
88	<i>Tilia parvifolia</i> Ehrh.	<i>Tiliaceae</i>	7—9	duże	++	+	+ H	widoczne stabo	2—4 ziaren	
89	<i>Linum perenne</i> L.	<i>Linaceae</i>	20—53	b. male	+	+	+ + H	niewidoczne	b. mało	
90	<i>Linum extraaxillare</i> Kit.	,,	20—45	b. male	+	+	+ + H	niewidoczne	b. małe pojedyncze	
91	<i>Oxalis stricta</i> L.	<i>Oxalidaceae</i>	18—26	duże	+++	+	—	widoczne wyraźnie	ziarna liczne ziarno w głębi stromy	
92	<i>Oxalis corniculata</i> L.	,	18—24	duże	+++	+	—	widoczne wyraźnie	liczne ziarno w głębi stromy	
93	<i>Oxalis acetosella</i> L.	,	20—25	duże	+++	+	—	widoczne wyraźnie	liczne ziarno w głębi stromy	
94	<i>Geranium sanguineum</i> L.	<i>Geraniaceae</i>	8—16	średnie	++	+	+ + H	widoczne stabo	brak	
95	<i>Pelargonium zonale</i> Ait.	,	13—18	średnie	++	+	—	niewidoczne 2—4 duzych ziaren	Zgodne z obserwacjami Stöhra i Metznera P.	

96	<i>Pelargonium grandiflorum</i> Willd.	Geraniaceae	15—25	średnie	+	—	niewidoczne pojedyncze duże ziarna				
97	<i>Pelargonium peltatum</i> Ait.	"	14—16	średnie	++	—	widoczne słabo	2—4 duży ziaren			
98	<i>Pelargonium odoratissimum</i> Ait.	"	6—10	średnie	+	—	niewidoczne pojedyncze duże ziarna				
99	<i>Tropaeolum majus</i>	Tropaeolaceae	18—20	średnie	++	++ H	widoczne słabo	pojedyncze male ziarna			
100	<i>Zygophyllum fabago</i> L.	Zygophylaceae	4—8	średnie	++	++ osad srebra	widoczne słabo	brak			
101	<i>Ruta graveolens</i> L.	Rutaceae	8—12	małe	+	++ H	niewidoczne brak				
102	<i>Ailanthus glandulosa</i> Desf.	Simarubaceae	5—13	średnie	+	++ H	niewidoczne drobne ziarna				
103	<i>Cotinus coggyria</i> Mill.	Anacardiaceae	5—8	małe	++	++ H	widoczne słabo	nieliczne ziarna			
104	<i>Acer platanoides</i> K.	Aceraceae	4—7	średnie	++	++ H	widoczne słabo	b. mało			
105	<i>Aesculus hippocastanum</i> L.	Hippocastanaceae	13—20	b. duże	++ +	++ S	widoczne wyraźnie	2—4 duży ziaren			
106	<i>Impatiens parviflora</i> L.	Balsaminaceae	18—24	b. duże	++ +	++ osad srebra	widoczne wyraźnie	1—3 duży ziaren			
107	<i>Eryngium europaea</i> L.	Celistraceae	6—8	średnie	++	++ H	niewidoczne 1—3 małych ziaren				
108	<i>Eryngium japonicum</i>	"	8—12	male	++	++ H	niewidoczne b. mało				
109	<i>Staphylea colchica</i> L.	Staphyleaceae	13—16	średnie	++ +	++ osad srebrna	widoczne wyraźnie	b. mało			
								Zgodne z obserwacjami Stöhra	Zgodne z obserwacjami Metznera P.		

Lp.	Gatunek -- Espèce	Rodzina Familie	Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles						Kryształy białkowe Cristalloïdes protéiques	Uwagi
			Ilosc Nombre	Wielokrotnie Dimensions	Barwa Couleur ¹⁾	Fluorescencja du AgNO ₃ ²⁾	Grena Granats	Ziarna skrobki Grains d'ämidon		
110	<i>Rhamnus cathartica</i> L.	Rhamnaceae	4—6	duże	++	++	++ H	widoczne słabo	kilka ma- tych ziaren	Zgodne z ob- serwacjami Metznera P.
111	<i>Cornus mas</i> L.	Cornaceae	8—12	male	++	+	++ H	niewidoczne brak		Zgodne z ob- serwacjami Metznera P.
112	<i>Hedera helix</i> L.	Araliaceae	4—8	średnie	++	+	++ osad	niewidoczne b. liczne srebra		Niezgodne z ob- serwacjami Stöhra
113	<i>Levisticum officinale</i> Koch.	Umbelliferae	10—13	średnie	++	+	++ H	widoczne ziarnisty	kilka ziaren wyraźnie w głębi stro- my	
114	<i>Armeria plantaginea</i>	Plumbaginaceae	18—23	male	++	+	+ H	niewidoczne brak		
115	<i>Primula officinalis</i> (L.) Hill.	Primulaceae	16—20	duże	++	+	+ H	niewidoczne liczne drob- ne ziarna		Zgodne z obser- wacjami Stöhra
116	<i>Primula auricula</i> L.	"	25—32	male	++	+	++ H	niewidoczne liczne drob- ne ziarna brak		Zgodne z obser- wacjami Stöhra
117	<i>Cyclamen europaeum</i> L.	"	8—10	male	+	+	+ H	widoczne słabo		Niezgodne z obserwacjami Stöhra
118	<i>Lysimachia thyrsiflora</i> L.	"	18—22	średnie	++	+	++ H	widoczne słabo	brak	
119	<i>Lysimachia nummularia</i> L.	"	16—20	średnie	++	+	+ H	widoczne słabo	brak	

120	<i>Vaccinium uliginosum</i> L.	Ericaceae	12—20	male	+	+ H	niewidoczne brak
121	<i>Arctostaphylos uva ursi</i> L.	"	9—18	male	+	+ H	niewidoczne brak
122	<i>Calystegia sepium</i> (L.) R. Br.	Convolvulaceae	4—8	średnie	+	+ H	widoczne wyraźnie
123	<i>Convolvulus arvensis</i> L.	"	10—16	male	+	+ H	widoczne słabo
124	<i>Polemonium coeruleum</i> L.	Polemoniaceae	10—13	średnie	+	+ H	niewidoczne liczne b. małe ziarna
125	<i>Phacelia congesta</i> Hook.	<i>Hydrophyllaceae</i>	12—14	duże	+	+ H	b. liczne i b. drobne ziarna
126	<i>Pulmonaria obscura</i> Dum.	Boraginaceae	2—8	duże	+	+ H	niewidoczne 1—2 ziaren kryształki białkowe
127	<i>Anchusa officinalis</i> L.	"	4—8	duże	+	+ H	kryształki białkowe
128	<i>Symphytum officinale</i> L.	"	4—10	duże	+	+ H	kryształki białkowe
129	<i>Solanum dulcamara</i> L.	Solanaceae	16—18	duże	+	+ H	kryształki białkowe
130	<i>Solanum lycopersicum</i> L.	"	18—20	średnie	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak
131	<i>Solanum capsicum</i>	"	10—16	średnie	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak
132	<i>Hyoscyamus niger</i> L.	"	16—18	średnie	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak
133	<i>Datura stramonium</i> L.	"	8—13	średnie	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak
134	<i>Atropa belladonna</i> L.	"	12—22	średnie	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak
135	<i>Gratiola officinalis</i> L.	Scrophulariaceae	8—13	duże	+	+ H	1—2 ziaren czarni brak

Zgodne z obserwacjami
Metznera P.

Lp.	Gatunek -- Espèce	Rodzina Famille	Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles						Uwagi Cristalloïdes protéiques
			Ilość Nombre	Wielkość Dimensions	Barwa Couleur (1)	Fluorescencja Réducción du AgNO ₃) ⁽²⁾	Grena Granules	Ziarna skrobi d'amidon	
136	<i>Digitalis grandiflora</i> L.	<i>Serophulariaceae</i>	16—18	średnie	+	+	—	niewidoczne kilka ma- lych ziaren	
137	<i>Veronica officinalis</i> L.	,,	16—18	duże	+++	+	+ + S	niewidoczne liczne duże ziarna	
138	<i>Veronica spicata</i> L.	,,	16—18	średnie	+	+	+ + S	niewidoczne kilka małych ziaren	
139	<i>Antirrhinum majus</i> L.	,,	10—13	male	+	+	+ + H	niewidoczne brak	
140	<i>Verbena officinalis</i> L.	<i>Verbenaceae</i>	8—10	średnie	+	+	+ + H	niewidoczne brak	
141	<i>Ajuga reptans</i> L.	<i>Labiateae</i>	18—20	średnie	+	+	+ H	widoczne słabo	niewidoczne kilka małych ziaren
142	<i>Betonica officinalis</i> L.	,,	18—20	średnie	+	+	+ H	niewidoczne liczne male ziarna	
143	<i>Melissa officinalis</i> L.	,,	16—19	male	++	+	+ H	niewidoczne niewidoczne male ziar a	
144	<i>Origanum vulgare</i> L.	,,	7—9	średnie	++	+	+ + H	widoczne słabo	
145	<i>Thymus serpyllum</i> L. em. Fr.	,,	13—18	male	+	+	+ + H	widoczne słabo	
146	<i>Tymus ovatus</i> Mill.	,,	4—8	średnie	+	+	+ + H	niewidoczne brak	
147	<i>Plantago lanceolata</i> L.	<i>Plantaginaceae</i>	10—12	male	—	—	—	niewidoczne kilka ma- lych ziaren	

148	<i>Plantago ramosa</i> L.	<i>Plantaginaceae</i>	8—14	średnie	—	—	niewidoczne dość liczne drobne ziarna	b. mało	Zgodne z obserwacjami Metznera P.
149	<i>Gentiana asclepiadea</i> L.	<i>Gentianaceae</i>	12—20	b. duże	+++	++	++ G widoczne wyraźnie	++ G	Zgodne z obserwacjami Stöhra
150	<i>Gentiana pneumonanthe</i> L.	"	22—30	duże	+++	+	++ G widoczne słabo	+ G	Zgodne z obserwacjami Stöhra
151	<i>Vinca minor</i> L.	<i>Apocynaceae</i>	12—16	średnie	+	+	niewidoczne liczne duże ziarna	+ H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
152	<i>Nerium oleander</i> L.	"	6—10	średnie	+	+	niewidoczne mało	+ + S	Zgodne z obserwacjami Stöhra
153	<i>Vincetoxicum officinale</i>	<i>Asclepiadaceae</i>	18—20	średnie	++	+	widoczne słabo	+ + H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
154	<i>Asclepias syriaca</i> L.	"	5—8	średnie	++	+	nieliczne małe ziarna	+ H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
155	<i>Fraxinus excelsior</i> L.	<i>Oleaceae</i>	4—6	średnie	++	+	niewidoczne liczne, duże ziarna	b. mało	Zgodne z obserwacjami Stöhra
156	<i>Syringa vulgaris</i> L.	"	7—10	małe	++	+	widoczne słabo	+ H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
157	<i>Galium molugo</i> L.	<i>Rubiaceae</i>	20—22	duże	++	+	widoczne słabo	+ + H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
158	<i>Galium verum</i> L.	"	16—20	duże	++	+	widoczne słabo	+ + H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
159	<i>Sambucus nigra</i> L.	<i>Caprifoliaceae</i>	14—20	duże	++	+	liczne małe ziarna	+ + H	Zgodne z obserwacjami Stöhra
160	<i>Viburnum lantana</i> L.	"	7—14	średnie	++	+	widoczne	b. mało	i Metznera P.
161	<i>Lonicera caprifolium</i> L.	"	8—16	średnie	++	+	widoczne	b. mało	Niezgodne z obserwacjami Stöhra

Lp.	Gatunek — Espèce	Rodzina	Famille	Charakterystyka plastydów dolnej skórki liści					Kryształy białkowe Cristalloïdes protéiques	Uwagi
				Les plastides de l'épiderme inférieur des feuilles						
162	<i>Adoxa moschatellina</i> L.	Addoxaceae		39—57, duże	+++	+	+ H	widoczne	brak	
163	<i>Valeriana officinalis</i> L.	Valerianaceae		9—16 duże	+++	+	+ H	wyraźnie widoczne	kilką du- zych ziaren	
164	<i>Scabiosa lucida</i> Vill.	Dipsacaceae		10—18 średnie	++	+	+ H	widoczne	1—2 dużych ziaren	
165	<i>Cucurbita pepo</i> L.	Cucurbitaceae		6—10 duże	+++	+	+ A	niewidoczne b., liczne i duże	b., liczne i b. drobne ziarna	
166	<i>Bryonia alba</i> L.		"	8—12 duże	++	+	+ H	widoczne		
167	<i>Campanula ranunculoides</i> L.	Campanulaceae		15—20 duże	+++	+	+ S	widoczne słabo	3—6 dużych ziaren	
168	<i>Jasione humilis</i> L.		"	23—26 male	++	+	+ H	widoczne	brak	
169	<i>Lobelia erinus</i> L.	Lobeliaceae		13—20 średnie	++	+	+ H	widoczne	b. słabo	
170	<i>Cirsium oleraceum</i> Scop.	Compositae		18—20 duże	++	+	+ + H	widoczne	brak male, liczne ziarna	
171	<i>Tanacetum vulgare</i> L.		"	15—20 b. duże	++	+	+ G	widoczne	b. stabo słabo	
172	<i>Hieracium pilosella</i> L.		"	15—20 duże	+	+	H	widoczne	pojedyncze ziarna	

173	<i>Calendula officinalis</i> L.	<i>Compositae</i>	7—14	średnie	++	-	+ H	widoczne stabo	pojedyncze ziarna
174	<i>Galinsoga parviflora</i> Cav.	"	12—16	duże	++	+	+ G i S	widoczne dobre	1—3 dużych ziaren
175	<i>Scorzonera crenatum</i> Bak.	"	10—18	średnie	++	+	+ H	widoczne stabo	Zgodne z obser- wacjami Stöhra
176	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	"	8—16	średnie	++	+	+ H	widoczne stabo	Zgodne z obser- wacjami Stöhra i Metznera P.
177	<i>Solidago virga-aurea</i> L.	"	6—12	duże	++	+	+ H	widoczne stabo	mało
178	<i>Silybum marianum</i> (L.) Gaertn.	"	7—14	duże	++	+	+ A	widoczne	1—3 ziaren
179	<i>Bellis perennis</i> L.	"	15—18	duże	++	+	+ A	widoczne wyraźnie	Niezgodne z obserwacjami Stöhra
180	<i>Zinnia elegans</i> Jacq.	"	8—12	duże	++	+	—	widoczne stabo	mało
181	<i>Lactuca sativa</i> L.	"	10—18	duże	++	+	+ SiA	widoczne stabo	—
182	<i>Aster ericoides</i> L.	"	7—14	średnie	++	+	+ A	widoczne wyraźnie	kryształki białkowe
183	<i>Erysimum diffusum</i> Ehr.	"	9—14	małe	+	+	+ H	niewidoczne b. mało	1—3 dużych ziaren
184	<i>Artemisia scoparia</i> W. K.	"	13—22	duże	++	+	+ G	widoczne brak	
185	<i>Ginkgo biloba</i> L.	<i>Ginkgoaceae</i>	8—12	średnie	++	+	+ H	niewidoczne liczne, duże ziarna	
186	<i>Thuja orientalis</i> L.	<i>Cupressaceae</i>	6—10	małe	+	+	+ H	niewidoczne 2—4 dużych ziaren	
187	<i>Podocarpus elatus</i>	<i>Abietaceae</i>	13—18	małe	+	+	+ H	niewidoczne 1 duże ziarno	wypełniają- ce cały plastyd

OBJAŚNIENIA TABELI — EXPLICATION DU TABLEAU

1. Barwa plastydów — Couleur des plastides:

- bezbarwne (incolorés);
- + słabo zielone (verte faible);
- ++ zielone (verte);
- +++ intensywnie zielone (verte intense).

2. Fluorescencja — Fluorescence:

- brak (manque de fluorescence);
- + występowanie (fluorescence constatée).

3. Reakcja z AgNO_3 — Réaction avec AgNO_3 :

- negatywna (négative);
- + wolniejsza niż w chloroplastach komórek szparkowych (réduction dans les cellules épidermiques succède à celle des stomates);
- ++ jednaczesna z redukcją w chloroplastach komórek szparkowych (réduction constatée en même temps dans les cellules épidermiques et dans les stomates);
- +++ szybsza niż w chloroplastach komórek szparkowych (réduction dans les cellules épidermiques dévance celle dans les stomates).

Osad srebra — Précipitation d'argent:

- H homogenny
(homogène);
S w stromie (dans le stroma);
G w granach (dans les granas);
A w formie pierścienia na obwodzie plastydu (en forme d'anneau à la périphérie des plastides).

ków) i *Papilionaceae* (zbadanych 11 gatunków) plastydy zawsze wykazywały fluorescencję i redukowały AgNO_3 .

Wyjątkowo pod tym względem przedstawiała się rodzina *Ranunculaceae*, u której na 12 zbadanych gatunków tylko 3 (*Trollius europaeus*, *Paeonia officinalis* i *Helleborus corsicus*) zawierały plastydy nie wykazujące fluorescencji oraz nie redukujące AgNO_3 . Różnice zaznaczały się tutaj nawet w obrębie rodzaju; np. w plastydach u *Helleborus niger* stwierdzono fluorescencję i redukcję AgNO_3 , natomiast plastydy *Helleborus corsicus* nie wykazywały tych własności.

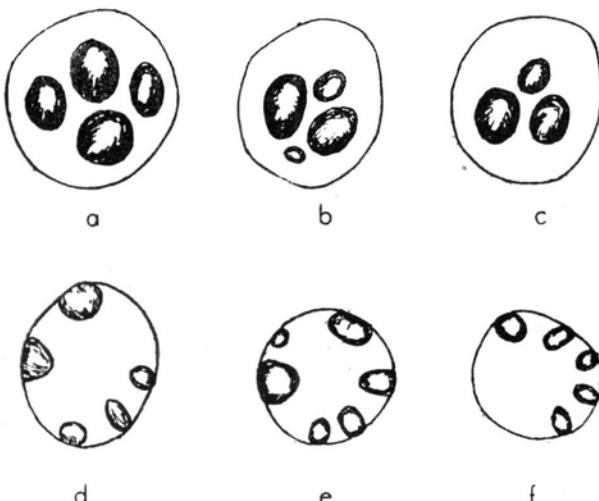
Należy podkreślić, że w dolnej i górnej skórce liścia znajdują się zawsze plastydy tego samego typu. Fakt ten ustalono na podstawie porównywania plastydów dolnej i górnej skórki u 30 gatunków (*Rumex acetosa*, *R. alpinus*, *Polygonum aviculare*, *Chenopodium album*, *Saponaria*

officinalis, *Mercurialis perennis*, *Hesperis matronalis*, *Armoracia lapathifolia*, *Viola tricolor*, *Lathyrus odoratus*, *Trifolium montanum*, *Vicia faba*, *Oxalis stricta*, *Oxalis corniculata*, *Oxalis acetosella*, *Impatiens parviflora*, *Primula auricula*, *Calystegia sepium*, *Pulmonaria obscura*, *Atropa belladonna*, *Veronica offic.*, *Gentiana asclepiadea*, *Valeriana offic.*, *Cirsium oleraceum*, *Calendula offic.*, *Galinsoga parviflora*, *Taraxacum offic.*, *Bellis perennis*, *Aster sp.*, *Ginkgo biloba*). Zjawisko występowania tego samego rodzaju plastydów w skórce dolnej i górnej podkreślał już S t ö h r (1879), a także L i n s b a u e r (1930).

AKTYWNOŚĆ FIZJOLOGICZNA PLASTYDÓW SKÓRKI

Przeprowadzono szereg doświadczeń w celu przekonania się, czy plastydy występujące w skórce są zdolne do fotosyntezy i kondensowania skrobi z cukrów dopływających oraz w celu porównania szybkości, z jaką zachodzą te procesy w plastydach skórki i w plastydach mezofilu.

Doświadczenia, które objęły 7 gatunków roślin (*Valeriana officinalis*, *Campanula ranunculoides*, *Bellis perennis*, *Tagetes sp.*, *Mercurialis perennis*, *Galinsoga parviflora*, *Vinca minor*), wykazały, że plastydy skórki



Ryc. 9. *Galinsoga parviflora* (a, b, c), *Mercurialis perennis* (d, e, f). Tworzenie skrobi w warunkach eksperymentalnych

a, d — układ skrobi w chloroplastach skórki zdjetej z roślin żyjących w warunkach normalnych; b, c, e, f — tworzenie skrobi w chloroplastach skórki zdjetej z roślin uprzednio zaciemnionych; b, e — skrobia powstała na świetle, c, f — skrobia powstała w 2% roztworze glukozy w ciemności

a, d — localisation des grains d'amidon dans les chloroplastes de l'épiderme enlevé des feuilles des plantes vivantes dans les conditions normales; b, c, e, f — la formation de l'amidon dans les chloroplastes de l'épiderme isolé des plantes qui restalent à l'abri de la lumière; b, e — l'amidon élaboré à la lumière, c, f — l'amidon élaboré dans la solution de glucose à 2% à l'obscurité

tworzą skrobię zarówno na świetle, jak i z cukrów dopływających, z tym że ten ostatni proces przebiega o wiele szybciej (ryc. 9). W skórce umieszczonej w roztworze cukru skrobia zaczyna pojawiać się już po 15—30 min., podczas gdy w wodzie na świetle tworzy się dopiero po upływie 2—6 godzin. Oba te procesy zachodzą w plastydach skórki z tą samą szybkością co w plastydach mezofilu. Na szybkość ich przebiegu nie ma wpływu okoliczność, czy skóra jest izolowana, czy też pozostaje na liściu. Lokalizacja obu rodzajów skrobi jest stała dla danego gatunku (ryc. 9) i odpowiada typowi rozmieszczenia skrobi znalezionemu w plastydach skórki zdjętej z roślin żyjących w naturalnych warunkach.

W liściach zaciemnianych zauważono przemieszczanie się plastydów i skupianie się ich przy jądrze. Po wystawieniu skórki na słońce plastydy odsuwały się od jądra i znajdowały się znowu bliżej błon komórkowych. Podobne zjawiska przemieszczania się chloroplastów i skupiania się ich wokół jądra obserwowałam przy obniżonej temperaturze (1957).

DYSKUSJA

Rozmiary większości plastydów skórki w podanym wyżej materiale zawierały się w podobnych granicach co plastydy mezofilu opisane przez Möbiusa (1920). Nie znaleziono jednak w skórce plastydów większych niż $6,3 \mu$, podczas gdy Möbius podał dla nielicznych wprawdzie gatunków — średnicę plastydów $7-10 \mu$. Najmniejsze plastydy znalezione w mezofilu przez wspomnianego autora posiadały średnicę 3μ ; natomiast wymiary najmniejszych plastydów skórki wynosiły $0,9 \mu$.

Obecność chlorofilu jest kryterium podziału plastydów na leuko- i chloroplasty. Na ogół uważa się, że chlorofil umiejscowiony jest wyłącznie w granach. Najmniejsze ilości chlorofilu mogą być wykryte na podstawie jego własnej fluorescencji, stąd też odróżnianie tych dwóch kategorii plastydów nie przedstawia trudności przy posługiwaniu się mikroskopem fluorescencyjnym.

Inną specyficzną cechą żywych chloroplastów jest redukcja AgNO_3 uwarunkowana obecnością kwasu askorbinowego (Giroud, Leblond, Rakoto Matsimamanga 1934, Weier 1938, Nagai 1955, Metzner 1957).

W skórce 182 gatunków roślin (97,4%) stwierdzono obecność chlorofilu w plastydach. Prawie wszystkie plastydy wykazujące fluorescencję dawały pozytywną reakcję Molisch i Girouda. U nielicznych tylko gatunków (8,1%) plastydy nie redukowały AgNO_3 , chociaż wykazywały fluorescencję. Przyczyną tego faktu należy szukać w ścisłej zależności przebiegu reakcji z AgNO_3 od wartości pH środowiska. Jak wiadomo, krańcowe wartości pH hamują ją całkowicie (Weier 1938, Nagai 1955).

Zlokalizowanie osadu srebra w plastydach skórki było podobnie różnorodne, jak to znaleziono dla chloroplastów mezofilu (Guilliermond 1931, Pełkarek 1938, Weier 1938, Metzner 1952, 1957).

Obecność gran mogła być stosunkowo łatwo stwierdzona w dogodnych warunkach obserwacji (duże grana, brak skrobi i innych inkluzji w plastydach). W badanym materiale u większości roślin zaobserwowano grana w plastydach. Nawet w wypadkach, kiedy plastydy przepełnione skrobią nie wykazywały obecności gran, te ostatnie stawały się widoczne po usunięciu skrobi z plastydów. W niewielkich gatunkach roślin plastydy zawierały chlorofil, lecz nie udało się w nich znaleźć gran. Nie jest wykluczone, że wymiary tych ostatnich leżały poniżej granicy rozdzielczej mikroskopu świetlnego. Obserwacje w mikroskopie elektronowym wykazały jednak, że istnieją chloroplasty pozabawione gran. Takie chloroplasty znaleziono w komórkach tworzących pochwę wokół wiązka przewodzących liści *Zea Mays*, podczas gdy chloroplasty w komórkach mezofilu zawierały typowe grana (Hodge, McLean, Mercer 1955). Sprawa obecności gran, jako typowej struktury chloroplastów, uległa dalszemu skomplikowaniu z chwilą znalezienia gran także w ostatecznie zróżnicowanych leukoplastach (Perner 1954, Thaler 1955, Kaja 1956, Dangard i Eymer 1956). Jednak w przeciwieństwie do chloroplastów, w leukoplastach występuje zwykle nieznaczna ilość gran.

Występowanie kryształów białkowych w chloroplastach nie jest ich cechą charakterystyczną, ponieważ spotykano je także w leukoplastach (Schimper 1885, Thaler i Kinda 1953, Thaler 1956).

Thaler i Kinda (1953) twierdzą, że zdolność tworzenia białka charakteryzuje leukoplasty komórek skórki *Helleborus corsicus*; według autorki następuje ona utraconą już przez leukoplasty zdolność do kondensowania skrobi z cukrów dopływających. Jednak obecność białka w chloroplastach, jak to dowiedziono powyżej na przykładzie *Sympyrum officinale*, nie wyklucza tworzenia się w nich skrobi w warunkach eksperymentalnych z cukrów znajdujących się w pożywce.

Badania aktywności fizjologicznej plastydów skórki wykazały, że skrobia może się w nich tworzyć na świetle, a także w ciemności. Thaler i Kinda (1953) znalazły w skórce liści *Cleome* plastydy, które tworzyły skrobię jedynie z cukrów dopływających. Fakt ten skłonił autorki do uznania tych plastydów nie za typowe chloroplasty, lecz za „active Intermediärplastiden“.

Konfrontacja poglądów na chloroplasty z wynikami otrzymanymi w trakcie niniejszych badań wskazuje, że obecność chlorofilu (dowiedziona na podstawie jego fluorescencji i redukowania AgNO_3) decyduje o zaliczeniu opisanych plastydów do kategorii chloroplastów. Jak wykazano

powyżej, brak fluorescencji jest zawsze związany z niezdolnością do redukowania AgNO_3 i z niewielkimi wymiarami plastydów, których grana są niewidoczne. Tylko tego rodzaju plastydy należy uważać za typowe leukoplasty. Obecność ich stwierdzono zaledwie u 5 (2,6%) badanych gatunków.

Wśród plastydów zawierających chlorofil wyraźnie występują trzy odrębne kategorie. Jedne z nich charakteryzują się dużymi wymiarami, intensywną fluorescencją, redukcją AgNO_3 i obfitą zawartością skrobi: przeprowadzone eksperymenty dowodzą, że skrobia ta pochodzi nie tylko z cukrów dopływających, lecz także wytworzona jest jako rezultat fotosyntezy. W drugiej kategorii plastydów — fluoryzujących i redukujących AgNO_3 — brak jest skrobi lub zjawia się ona w małej ilości, natomiast obficie występują kryształy białkowe. W przeciwnieństwie do leukoplastów plastydy te nie tracą jednak zdolności kondensowania skrobi z cukrów dopływających. Plastydy trzeciej kategorii — fluoryzujące i redukujące AgNO_3 — odznaczają się drobnymi wymiarami. W plastydach tych brak skrobi. Za pomocą stosowanych metod nie zawsze udawało się zobaczyć w nich grana.

Pierwszą kategorię plastydów wyróżnionych w skórce liści należy uznać za typowe chloroplasty. Stwierdzono ich obecność u 68,9% badanych gatunków. Drugą kategorię można by nazwać „proteochloroplastami“; występują one u 8,6% badanych gatunków. Tego rodzaju plastydy występują w rodzinach: *Aristolochiaceae*, *Moraceae*, *Magnoliaceae*, *Ranunculaceae*, *Scrophulariaceae*, *Verbenaceae* i *Urticaceae*. Do trzeciej kategorii plastydów — przez analogię do terminu Webera, Thaler i K endy (1955) „inactive Intermediärplastiden“ — można by zastosować nazwę „nieaktywne chloroplasty“ (22,5% badanych gatunków), ze względu na ich niezdolność do tworzenia skrobi na świetle.

Od dawna nie podlega dyskusji fakt występowania chloroplastów w skórce liści roślin wodnych. Natomiast nie była dostatecznie wyjaśniona sprawa występowania chloroplastów w skórce roślin z innych siedlisk. Jak wykazano powyżej, chloroplasty w skórce są bardziej pospolite, niż to dotąd przypuszczało się. Zasługuje na podkreślenie zwłaszcza wykazana powyżej obecność chloroplastów w skórce liści roślin zaliczanych bądź do kserofitów, bądź zebranych ze stanowisk suchych, piaszczystych i nasłonecznionych.

Porównanie wyników niniejszej pracy z danymi Stöhra (1879) i Constantina (1886) wykazuje szereg niezgodności dotyczących uznania plastydów występujących w skórce za chloro- lub leukoplasty. Plastydy pewnych roślin, ocenione przez wspomnianych autorów jako leukoplasty, zaliczyłam do kategorii chloroplastów. Pozwoliły mi na to niewątpliwie dokładniejsze metody stosowane w niniejszej pracy.

STRESZCZENIE WYNIKÓW

Zbadano plastydy w skórce liści 187 gatunków roślin lądowych dwuliściennych, z uwzględnieniem niektórych kserofitów, oraz 3 gatunki roślin nagozalążkowych. Na podstawie fluorescencji plastydów stwierdzonej w mikroskopie fluorescencyjnym oraz na podstawie ich zdolności do redukowania AgNO_3 uznano plastydy występujące w skórce liści większości zbadanych gatunków (97,4%) za chloroplasty, wśród których wyróżniono 3 następujące kategorie:

1. Typowe chloroplasty występujące u 129 gatunków roślin (68,9%), charakteryzujące się stosunkowo dużymi wymiarami i wytwarzaniem skrobi na świetle.

2. „Proteochloroplasty” — znalezione w 16 gatunkach roślin (8,6%), odznaczające się dużymi wymiarami, występowaniem kryształów białkowych oraz małą ilością skrobi lub jej brakiem.

3. „Chloroplasty nieaktywne” przeważnie drobne, nie zawierające skrobi. Stwierdzono je u 42 gatunków (22,5%).

Plastydy nie fluoryzujące nie redukowały AgNO_3 , były małe, posiadaly nieznaczne ilości skrobi lub były jej pozbawione. Uznano je za typowe leukoplasty. Występowały one tylko u *Paeonia officinalis*, *Trollius europaeus*, *Helleborus corsicus*, *Plantago lanceolata* i *Plantago ramosa* (2,6% zbadanych gatunków).

(Wpłynęło dn. 18.9.1958 r.)

Katedra Anatomii i Cytologii Roślin
Uniwersytetu Łódzkiego

RÉSUMÉ

Nous avons étudié les plastes dans l'épiderme des feuilles de 3 espèces des Gymnospermes et de 184 espèces de Dicotylédones, parmi lesquelles il y avait un certain nombre des xérophytes.

Les phénomènes de la fluorescence ainsi que de la réduction du nitrate d'argent constatés au niveau des plastes nous ont permis de considérer les plastes de l'épiderme de la plupart (97,4%) des plantes étudiées comme les chloroplastes.

Parmi ces chloroplastes nous avons pu distinguer trois catégories suivantes:

1. Les chloroplastes typiques, rencontrés chez 129 espèces étudiées (68,9%), relativement grands, capables d'élaborer de l'amidon à la lumière et de le produire de la glucose du milieu, à l'obscurité.

2. „Les protéochloroplastes” constatés chez 16 espèces étudiées (8,6%). Ils sont de dimensions relativement grandes, renferment des cristalloïdes protéiques; certains d'entre eux contiennent aussi des grains d'amidon.

3. „Les chloroplastes inactifs”, le plus souvent des dimensions réduites, n’élaborant jamais d’amidon. Nous les avons trouvé chez 42 espèces (22,5%).

Chez les plastes qui ne révélaient pas de la fluorescence, nous n’avons jamais constaté la réduction du nitrate d’argent. Ils sont de petite taille, ne renferment pas d’amidon ou n’en contiennent que de très faible quantité. Ce sont donc des leucoplastes. Ils furent trouvés dans l’épiderme de 5 espèces (2,6%).

LITERATURA

- Alscher R. P., Lavin G. I., 1953, Chloroplastic structures in the epidermis of spinach leaves, *Bot. Gaz.* 114 (4): 393—396.
- Aleksandrow W. G., 1954, Anatomija rastenij, Moskwa.
- Bartels F., 1955, Cytologische Studien an Leukoplasten unterirdischer Pflanzenorgane, *Planta* 45, 426—254.
- Constantin M. J., 1886, Études sur les feuilles des plantes aquatiques, *Ann. des Sc. Nat. Bot.* 7, 94—162.
- Dangeard P., Eymé J., 1956, Observations sur la structure de leucoplastes, *C. R. Ac. Sc.* 242: 2428—2431.
- Eames A. J., Mac Daniels L. H., 1947, An Introduction to Plant Anatomy, New York and London.
- Esau K., 1953, Plant Anatomy, New York, London.
- Giroud A., Leblond C. P., Rakoto Matsimamanga, 1934, Signification de la réduction des sels d’argent au niveau des plastes chlorophylliens, *C. R. Soc. Biol.* 117: 614—615.
- Guilliermond A., 1931, Sur l’emploi des méthodes argentiques pour la coloration des plastes et sur les propriétés réductrices des chloroplastes, *C. R. Soc. Biol.* 106: 270—274.
- Guttenberg H., 1952, Lehrbuch der allgemeinen Botanik, Berlin.
- Haberlandt G., 1909, Physiologische Pflanzenanatomie, Leipzig.
- Harthel O., Thaler I., 1953, Die Proteinoplasten von *Helleborus corsicus* Willd., *Protoplasma* 42: 417—426.
- Hodge P. J., Mc Lean J. D., Mercer F. V., 1955, Ultrastructure of the lamellae and grana in the chloroplasts of *Zea Mays* L., *J. Biophys. Biochem. Cyt.* 1 (6): 605—613.
- Kaja H., 1956, Untersuchungen über Struktur u. Entwicklung der Leukoplasten in der Epidermis v. *Chlorophytum comosum* (Thun.) *Bot. Protoplasma* 47: 280—297.
- Linsbauer K., 1930, Handbuch der Pflanzenanatomie. Die Epidermis, 4: 131—135.
- Mazia D., Brewer P. A., Alfert M., 1953, The cytochemical staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue, *Biol. Bull.* 104: 57—67.
- Metzner H., 1952, Die Reduktion wässriger Silbernitratlösungen durch Chloroplasten und andere Zellbestandteile, *Protoplasma* 41: 129.
- Metzner H., 1957, Die Ascorbinsäure in der Pflanzenzelle, *Protoplasmatalogia, Handbuch der Protoplasmaforschung* II. 1—40.
- Metzner P., 1954, Untersuchungen zur Kenntnis der Plastiden, *Flora* 142: 81—108.
- Mikulska E., 1957, Chloroplasty w liściach roślin zimozielonych, *Acta Soc. Bot. Pol.* 26: 551—564.
- Möbius M., 1920, Über die Grösse der Chloroplasten, *Ber. dtsch. bot. Ges.* 38: 224—232.

- Molisch H., 1918, Des Chlorophyllkorn als Reduktionsorgan, Sitz. Ber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl. Abt. I, 127: 149—171.
- Nagai S., 1955, The Reduction of Silver Nitrate by Plant Cells Particularly by Chloroplasts, *Protoplasma* 44: 444—459.
- Pekarek J., 1938, Die Lokalisation des Silbernitrat-Reduktors in den Chloroplasten, *Protoplasma* 30: 534—546.
- Perner E. S., 1954, Zum mikroskopischen Nachweis des „primären Granums“ in den Leukoplasten, *Ber. dtsch. bot. Ges.* 67: 26—32.
- Razdorskij W. F., 1949, Anatomija rastenij, Moskwa.
- Schimpfer A. F. W., 1885, Untersuchungen über die Chlorophyllkörper und die ihnen homologen Gebilde, *Jb. wiss. Bot.* 16: 1—247.
- Stöhr A., 1879, Über Vorkommen von Chlorophyll in der Epidermis der Phanerogamen-Laubbäume, *Sitzgsber. Akad. Wiss. Wien, Math.-naturwiss. Kl.: Abt. I*, 79: 96—117.
- Strasburger E., 1923, Das Botanische Praktikum, Jena.
- Thaler I., Kendra S., 1953, Proteinoplasten fehlen den Schließzellen, *Protoplasma* 42: 90—92.
- Thaler I., 1955, Die Leukoplasten von Helleborus, *Protoplasma* 44: 437—443.
- Thaler I., 1956, Die Plastiden der Cerinthe — Epidermis, *Protoplasma* 45: 483—486.
- Weber F., Thaler I., Kendra G., 1955, Die Plastiden der Cleome — Epidermis, *Österr. Bot. Zeitschr.* 102 B: 84—88.
- Weier E., 1938, Factors affecting the reduction of silver nitrate by chloroplasts, *Amer. J. Bot.* 25: 501—507.