ACTA SOCIETATIS
BOTANICORUM POLONIAE
Vol. XXX — Nr 2
1961

Elajoplasty ślazowatych

Élaïoplastes chez les Malvacées

A. WAŁEK-CZERNECKA i M. KWIATKOWSKA

WSTĘP

Elajoplasty są dotąd mało poznane. Niewiele wiemy o ich występowaniu w świecie roślinnym, sprzeczne są poglądy na pochodzenie elajoplastów oraz ich rolę w roślinie. Tym samym terminem oznacza się składniki komórki o różnym znaczeniu morfologicznym i fizjologicznym.

U wyższych roślin opisano elajoplasty u blisko 100 gatunków, z których większość należy do roślin jednoliściennych. Wśród roślin dwuliściennych stwierdzono elajoplasty u *Malvaceae* (Politis 1911, Luxenburgowa 1927, 1928), u *Compositae* u *Gaillardia* (Beer 1907), ostatnio u *Dahlia variabilis* (Kwiatkowska, praca nie opublikowana), u *Cucurbitaceae* (Riss 1918), u 16 gatunków *Gentianaceae* (Kwiatkowska 1959).

Co się tyczy rodziny *Malvaceae*, Politis podaje, że elajoplasty występują u 6 gatunków *Hibiscus*, u *Althaea rosea*, *Malva rotundifolia*, *M. silvestris* i *Gossypium arboreum*. W pracy Politisa nie ma bliższych opisów elajoplastów, autor zaznacza jedynie, że w stadium dojrzałym mają postać kul zebranych w grono; nie zajmuje się ani rozmieszczeniem elajoplastów w obrębie rośliny, ani ich rozwojem.

W pyłku 2 przedstawicieli ślazowatych, a mianowicie u *Malope trifida* i *Malva silvestris* obserwowano również skupienia „ciałek tłuszczowych" podobne do elajoplastów (Luxenburgowa, 1927, 1928). Z uwagi na obecność podłoża plazmatycznego uznano je za homologi plastydów.

MATERIAŁ I METODY

Rośliny pochodziły z kilku ogrodów łódzkich. Wczesne stadia rozwojowe otrzymano z nasion wysiewanych na wilgotnej bibule w szalkach Petriego, hodowanych następnie w wodzie, w komorze wilgotnej. Część młodych roślin przeniesiono dla dalszych obserwacji do gruntu.

Głównym obiektem badań była *Althaea rosea* L. Cav. Młode stadia rozwojowe i rozpadanie się elajoplastów obserwowano również u *Malva neglecta* Wallr. Badano przeważnie skórkę; w korzeniach wzięto pod uwagę i inne tkanki.

U *Malope trifida* Cav., *Althaea officinalis* L., *Malva mauritiana* L., *M. silvestris* L., *M. pusilla* Sm., *Lavatera thuringiaca* L. i *Sidalcea candida* A. Gr. ograniczono się do stwierdzenia obecności i charakteru elajoplastów bądź w hypokotylu i organach kwiatowych, bądź tylko w tych ostatnich.

Badania elajoplastów u ślazowatych nastręczają duże trudności natury technicznej. Elajoplasty są nietrwałe, zmieniają się we wszystkich środowiskach, w których są oglądane. Dezorganizacja występuje już w żywych komórkach. Stąd w badaniach przyżyciowych, które stanowią podstawę niniejszej pracy, wypadało położyć specjalny nacisk na szybkość obserwacji i na ich wielokrotność. Po wypróbowaniu różnych środowisk zatrzymano się na wodzie wodociągowej, niekiedy oglądano preparaty w oleju parafinowym i w rozcieńczonych roztworach barwników przyżyciowych.

Spośród zwykłych metod cytologicznych utrwalania materiału dobre wyniki dało tylko utrwalanie czterotlenkiem osmu, który stosowano bądź jako pary (od 2—3 do 10 min), bądź w roztworach 1 i 2%. Płyny Bouina, Nawaszina, Lewickiego i Regaud zniekształcały elajoplasty, rozpuszczając w różnym stopniu tłuszcze (tab. III, fig. 10). Po zastosowaniu metody Mevesa i McManusa oraz utrwalacza formalinowo-wapniowego Bakera zachowały się wprawdzie lipidy, ale postać elajoplastów była również zmieniona (tab. I, fig. 16).

Utrwalone preparaty barwiono hematoksyliną żelazową Heidenhaina, kwaśną fuksyną wg Altmanna, Sudanem czarnym B z podbarwieniem skrawków czerwienią obojętną (Pearse 1957).

Utrwalano wprost skórkę ściętą z powierzchni organów; z hypokotyla i wierzchołka korzenia *A. rosea* przygotowano również skrawki parafinowe.

Posługiwano się także preparatami gniecionymi. Rozgniatano wierzchołki młodych korzeni (1—3 mm długości) w wodzie, po czym utrwalano je w parach czterotlenku osmu. Kiedy indziej utrwalano szczyty korzonków w całości i po przemyciu 1/2 godz wodą przenoszono do HCl 1n na 5 min, co ułatwiało izolowanie komórek w tkankach rozgniatanych następnie w kropli gliceryny.

Próbowano barwić elajoplasty barwnikami zasadowymi metodą Pernera (1953). Ksylen nie usuwał jednak zaczerwień z elajoplastów nawet po kilkunastu dniach. Natomiast pewne zastosowanie znalazła ta metoda przy barwieniu ziarnistych utworów powstałych z rozpadu elajoplastów.

Pewne modyfikacje metody Pernera wprowadzone w pracy będą omówione później.

Celem ustalenia charakteru lipidów występujących w elajoplastach zastosowano szereg barwników i reakcji cytochemicznych. W większości przypadków kierowano się wskazówkami podanymi przez Pearse'a (1957). Inne źródła są zaznaczone w tekście. Lipidy obojętne barwiono roztworem Sudanów III i IV w alk. 70% lub w płynie Hexheimera (wg Kay i Whiteheada) oraz czerwienią oleistą w izopropanolu (wg Lilliego 1944). Barwiono materiał świeży i utrwalony. Dla odróżnienia lipidów obojętnych od kwaśnych stosowano wodny roztwór błękitu Nilu 1% (Cain 1950), po utrwalaczu formalinowo-wapniowym i na materiale świeżym. Fosfatydy wykrywano metodą Feyrtera i testem kwaśnej hemateiny Bakera z kontrolą ekstrakcji pirydyną. Na lipidy nienasycone wskazywało natychmiastowe wyczernianie elajoplastów przez roztwory zawierające OsO_4; na fosfolipidy nienasycone — reakcja PFSA przy zastosowaniu kontroli Lilliego blokowania bromem. Jako reakcją na kwasy tłuszczowe posługiwano się reakcją Fischlera oraz reakcją Barrolliera i Suchowsky'ego (1959). Wykonano reakcję plazmalową na lipidy acetalowe (wg Hayesa 1949) na materiale utrwalonym w formalinie zbuforowanej.

Próbowano wykryć cholesterol i jego estry reakcją Schultza (wg Romieu) w materiale świeżym i utrwalonym w formalinie zbuforowanej fosforanami wg Lilliego (1948), ergasterol reakcją z kwasem trójchlorooctowym wg przepisu Manuel (1939).

Sprawdzono rozpuszczalność tłuszczów w alkoholu abs., eterze, chloroformie, kwasie octowym lodowatym i pirydynie.

Białka wykrywano reakcją bromofenolową (Mazia i inni, 1953), reakcją żelazicjankową i metodą taninowo-żelazową (Gomori, 1952).

Zastosowano reakcję PAS na polisacharydy.

Obecność śluzów pektynowych wykazywano barwieniem czerwienią rutenową z dodatkiem amoniaku (pH 7—8) i błękitem metylenowym.

Jodek w jodku potasu pozwalał na ujawnienie plastydów obok elajoplastów.

Posługiwano się mikroskopem Lumipan Zeissa z urządzeniami do kontrastu fazowego i do polaryzacji.

OBSERWACJE

Występowanie i postać elajoplastów

W młodych stadiach rozwoju *A. rosea* elajoplasty występowały w skórce wszystkich organów. W siewkach obserwowano je w korzeniach, hypokotylu, liścieniach, kilku pierwszych liściach (w blaszkach i ogonkach).

Obok elajoplastów w komórkach występowały stale bądź leukoplasty, bądź chloroplasty, chondriosomy wydłużone i kuliste, sferosomy oraz kuleczki lipidowe. Nie było inkluzji lipidowych w plastydach.

W miarę rozwoju rośliny zjawianie się elajoplastów w częściach nadziemnych staje się mniej regularne. Można było stwierdzić ich obecność jeszcze w młodych liściach odziomkowych. Wielkość ich nie przekraczała wtedy $3 \times 3\,\mu$. Nie ma elajoplastów w wykształconych liściach ani w ich przylistkach. Nie obserwowano ich również w liściach z zewnętrznymi oznakami wirozy, które zawierały X-ciała (A. Wałek-Czernecka i M. Kwiatkowska 1960).

Elajoplasty stają się znowu stałym składnikiem komórki w organach kwiatowych. Na szczycie pędów kwiatowych spotyka się je w przylistkach w obrębie nie rozwiniętego jeszcze kwiatostanu. Z reguły występują zarówno w pąkach, jak i w rozwiniętych kwiatach, w kieliszku, w kielichu, płatkach (obok obecnych w tych organach X-ciał), również w zalążni i w nitkach pręcikowych.

W poszczególnych organach elajoplasty różnią się wyglądem. Najbardziej typowe obrazy elajoplastów, znane z opisów w literaturze, znajdujemy w skórce hypokotyla. Są to utwory ziarniste, kuliste lub owalne, silnie załamujące światło (tab. I, fig. 1, 5). Często otacza je szklista otoczka (tab. I, fig. 6). Ziarnistości nadające charakterystyczny wygląd elajoplastom oglądane w Lumipanie, z użyciem i bez użycia kontrastu fazowego, widoczne są jako czarne punkty na tle jaśniejszego podłoża.

W strumieniach cytoplazmy elajoplasty poruszają się wolno. Wykazują jednocześnie ruch obrotowy i drgający, co utrudnia ich fotografowanie.

Wielkość elajoplastów w hypokotylu *A. rosea* waha się od $12 \times 12\,\mu$ do $5{,}5 \times 5{,}5\,\mu$, w odmianie o kwiatach żółtych dochodziła do $20 \times 12\,\mu$. Elajoplasty występują we wszystkich komórkach skórki zwykle pojedynczo, rzadziej po 2 i więcej, wtedy są mniejsze.

W hypokotylach siewek hodowanych przez dłuższy czas w szalkach Petriego widoczne są elajoplasty z 1 lub kilku wodniczkami, elajoplasty w postaci wypukłych ziarnistych krążków z szerokim otworem pośrodku (tab. I, fig. 4), wreszcie przypominające wyglądem grona winorośli, owoce maliny lub morwy (porówn. tab. I, fig. 9, 11, 14, 15, 18 przedstawiające podobne elajoplasty w skórce organów kwiatowych). Zachowują się w nich nieliczne ziarnistości.

Dla organów kwiatowych, kielicha, kieliszka, płatków charakterystyczny jest typ elajoplastów w postaci gron, przechodzących w luźne skupienia kul (tab. I, fig. 11, 12, 14, 15, 18). Pojedyncze kule mogą odrywać się od elajoplastu, kiedy indziej rozpada się cały elajoplast. W tych samych organach, w pąkach, znajdują się ziarniste jeszcze elajoplasty (tab. I, fig. 2, 3, 17), a także różne formy przejściowe (tab. I, fig. 7, 8, 13). W kie-

liszku rozwiniętych kwiatów spotyka się elajoplasty podobne do opisanych w hypokotylu starzejących się kultur (tab. 1, fig. 3), to znaczy zawierające wodniczek pośrodku. W nitkach pręcikowych i w zalążniach elajoplasty są stosunkowo drobne, ziarniste lub już groniaste. W sąsiadujących ze sobą komórkach spotyka się obydwie formy elajoplastów (tab. 1, fig. 10).

Obrazy przyżyciowe różnych stadiów rozwoju pyłku (tetrady, mikrospory i młode ziarna pyłkowe) pokrywały się z podanymi przez jedną z nas w pracy z 1928 r. (Luxenburgowa 1928). Lepsze warunki obserwacji (Lumipan, kontrast fazowy) ułatwiły rozróżnienie zgrupowań ziarenek silnie załamujących światło, występujących we wszystkich wspomnianych stadiach oraz śledzenie stopniowych ich przemian, nie przyniosły jednak nowych faktów.

W korzeniach elajoplasty w strefie granicznej w hypokotylach są wielkie, płaskie (tab. II, fig. 2, 3, 4). Każdy niemal typ komórek na szczycie korzenia charakteryzuje się odmienną postacią i układem elajoplastów. Omówimy je w związku z opisem elajoplastów.

Podkreślano niejednokrotnie, że elajoplasty nie występują w komórkach szparkowych (Raciborski, 1895, Wóycicki 1929, Weber 1955 i inni). U *A. rosea* w szparkach nie ma również elajoplastów uformowanych podobnie jak w innych komórkach skórki. Występują tu jednak charakterystyczne zgrupowania ziarnistości leżące jakby w pęcherzykach (tab. III, fig. 7 i 8). Po dodaniu Sudanów czerwonych w roztworze alkoholowym całe pęcherzyki tworzą czerwoną kroplę. Pod wpływem czterotlenku osmu pęcherzyki stają się brunatne, ziarnistości czarne. Należy przypuszczać, że wyżej opisane utwory pęcherzykowate są zaczątkami elajoplastów, które dalej się nie wykształciły.

Poza *Althaea rosea* i *M. neglecta* znaleziono elajoplasty u następujących przedstawicieli *Malvaceae*: *Althaea officinalis*, L., *Malope trifida* Cav., *Lavatera thuringiaca* L., *Malva pusilla* Sm., *Malva mauritiana* L., *Malva silvestris* L., *Sidalcea candida* A. Gr. We wszystkich tych roślinach elajoplasty były podobne do opisanych u *A. rosea*. Różnice sprowadzały się do wcześniejszego lub późniejszego przechodzenia elajoplastów ziarnistych w formy podobne do gron lub w pojedyncze kule. Poza tym wielkość elajoplastów była niejednakowa. W hypokotylu roślin wykiełkowanych z nasion elajoplasty były zawsze ziarniste.

Charakter chemiczny elajoplastów w hypokotylu *A. rosea*

Dominującym składnikiem elajoplastów są lipidy. Wśród nich przeważają tłuszcze obojętne. Barwią je Sudany czerwone i czerwień oleista, błękit Nilu 1% (na różowoczerwono) w preparatach utrwalonych metodą

Bakera i w materiale świeżym. Poza tym występują w elajoplastach fosfolipidy stwierdzone testem kwaśnej hemateiny i metodą Feyrtera. Obecność fosfolipidów (lecytyn) potwierdza także powstawanie przy uwodnieniu form myelinowych (Revel i inni, 1958), których błonki barwią się na niebiesko błękitem Nilu na materiale świeżym i utrwalonym.

Występowanie kwasów tłuszczowych zostało stwierdzone na podstawie dodatniej reakcji Fischlera oraz Barrolliera i Suchowsky'ego.

Na lipidy nienasycone wskazuje zachowanie się elajoplastów wobec kwasu osmowego. Już po 1—2 sek działania par następowało wyczernianie ziarenek w elajoplastach, po dłuższym działaniu cały elajoplast stawał się jednolicie czarny.

Dodatni wynik reakcji PFAS dowodzi, że w elajoplastach występują fosfolipidy nienasycone.

Reakcja Molischa doprowadziła do zmydlania tłuszczów. Pod działaniem mieszaniny KOH i amoniaku następowało rozpadanie się elajoplastu, a po 2 dniach powstawały w komórce dwójłomne kryształy w postaci igiełek różnej długości (Molisch 1923).

Nie wykryto w elajoplastach lipidów acetalowych. Ujemnie wypadły reakcje na sterole i ich estry, wymienione przy opisie metod stosowanych w pracy. Nie stwierdzono również obecności polisacharydów posługując się reakcją PAS.

Lipidy zawarte w elajoplastach rozpuszczają się w alkoholu abs., eterze, chloroformie, ksylenie. W acetonie rozpuszczanie tłuszczów jest tylko częściowe, co się tłumaczy obecnością fosfolipidów. Rozpuszczał lipidy również kwas octowy lodowaty, podobnie jak to się dzieje w przypadku lipidów u *Ricinus* i w chloroplastach kaktusów (Manuel 1936).

W elajoplastach występują substancje białkowe. W materiale utrwalonym alkoholem 96%, jako jedyny ślad elajoplastu, zachowuje się w komórkach zrąb siateczkowaty z mniej lub bardziej licznymi ziarenkami. Nici zrębu, które są różnej grubości, i ziarniste utwory barwią się na niebiesko po reakcji bromofenolowej (Mazia i inni 1953) i po reakcji żelazicjankowej, na szaroczarno po zastosowaniu metody taninowo-żelazowej (Gomori 1952).

Podobny szkielet elajoplastów widoczny jest w preparatach w balsamie kanadyjskim z materiału utrwalonego w płynach Regaud, Nawaszina i Lewickiego, barwionych hematoksyliną żelazową Heidenhaina lub kwaśną fuksyną wg Altmanna (tab. III, fig. 10).

W elajoplastach występują również i śluzy pektynowe, które błękit metylenowy barwił na fioletowo, a czerwień rutenową — na różowoczerwono.

Przekształcanie się ziarnistych elajoplastów

W żywych komórkach oglądanych w różnych środowiskach obserwowano powstawanie elajoplastów w postaci gron lub skupionych kul z form ziarnistych. W przemianach tych bierze udział zarówno podłoże elajoplastu, jak i tkwiące w nim ziarenka.

W pierwszym etapie może odgrywać główną rolę podłoże. Powierzchnia elajoplastu staje się falista, powstają wzdęcia, uwypuklenia (tabl. I, fig. 6 i 13), z których formują się banieczkowate kule — „formy myelinowe". Świecą one w świetle spolaryzowanym.

W pewnych warunkach otrzymano bardziej typowe figury myelinowe w postaci wydłużonych woreczków. Tego rodzaju wyrosty rurkowate zjawiały się na brzegach elajoplastów, np. w skrawkach badanych w rozcieńczonym roztworze jodu w jodku potasu lub w wodnym roztworze błękitu bromofenolu rtęciowego (stosowanego do reakcji na białka wg Mazia i innych). Identyczne obrazy obserwowano w materiale utrwalonym metodą McManusa, a nawet mieszaniną formalinowo-wapniową Bakera, chociaż chlorek wapnia, jak podaje Baker za Leathesem (Baker 1958), przeciwdziała tworzeniu się form myelinowych (tab. I, fig. 16).

Wypływaniu kul towarzyszy zjawianie się wewnątrz elajoplastu jamistości — wodniczków. Kule pęcznieją, zlewają się ze sobą, w ostatecznym efekcie elajoplast przekształca się w grono (tab. I, fig. 9—15, 18). Błękit Nilu 1% barwi zawartość kul na różowoczerwono, czasem na fioletowo, obramowanie ich zaś na niebiesko. Podobne zabarwienie wykazują wydłużone figury myelinowe w elajoplastach utrwalonych formalinowo-wapniową mieszaniną Bakera. Jod w jodku potasu barwi kule na żółto z ciemniejszym odcieniem warstewki obwodowej, czerwień rutenowa na różowoczerwono, przy czym zabarwiona jest wyraźniej powłoka zewnętrzna, słabiej wnętrze, które ma często odcień żółtawy.

Błękit metylenowy, błękit trypanowy, czerwień obojętna barwią słabo kule wypływające z elajoplastów za życia komórki, tzn. kiedy cykloza występuje, intensywniej zaś w komórce martwej. Wszystkie barwniki użyte były w bardzo słabych roztworach. Po dodaniu Sudanów czerwonych w alkoholowym roztworze całe grona barwią się na czerwono, zlewając się natychmiast w jedną lub kilka kropli. Bardzo sugestywne, wskazujące na pochodzenie form myelinowych z podłoża elajoplastu, są obrazy przedstawione na tabl. I, fig. 7, 8. Wielkie pęcherze wydobywają się z jednej strony elajoplastu, który poza tym jest ziarnisty.

Inny nieco jest przebieg deformacji elajoplastów ziarnistych, zapoczątkowany przez pęcznienie ziarenek tkwiących w elajoplaście. Pęcznienie jest stopniowe, obejmuje z początku pojedyncze ziarenka, potem coraz liczniejsze (tabl. III, fig. 1—6). W powstałych kuleczkach, zwiększających

stopniowo swoje rozmiary, następuje odmieszanie, w wyniku czego tworzą się pęcherzyki kuliste, które w przekroju optycznym mają wygląd obrączek. Składnik bardziej gęsty, silniej załamujący światło zbiera się na powierzchni. Kiedy indziej skupia się on tylko w pewnej partii warstwy zewnętrznej dając w przekroju optycznym obrazy sierpa czy też półksiężyca. Niekiedy substancje silniej załamujące światło występują na dwóch biegunach pęcherzyka, który jest teraz eliptyczny. Kiedy pęcherze pęczniejąc i rosnąc w dalszym ciągu stykają się ze sobą, ten właśnie składnik ziarnistego utworu, który nie przeszedł do roztworu, tworzy grudki i pasemka przylegające do ścian — gąbczastego teraz — elajoplastu (tabl. III, fig. 2, 4). Otrzymuje się obrazy żywo przypominające elajoplasty w materiale utrwalonym. Część ziarnistości widocznych na ściankach sieci — to prawdopodobnie nie zmienione ziarenka, które tkwiły w elajoplaście.

Nie jest wykluczone, że obydwa wyżej opisane procesy wzajemnie się dopełniają. W miarę postępującego uwodnienia zachodzi mieszanie się substancji 2 składników elajoplastów, to znaczy utworów ziarnistych i podłoża.

Powstawanie elajoplastów

Powstawanie i rozwój elajoplastów badano: 1) w wierzchołkach młodych korzonków *A. rosea* i *M. neglecta*, 2) w hypokotylach siewek 5—6-dniowych *A. rosea*, hodowanych w ciemności.

W pierwszym przypadku posługiwano się preparatami gniecionymi. Przygotowano je bądź z odciętych wierzchołków korzeni rozgniatanych w kropli wody, bądź z korzonków utrwalanych uprzednio w czterotlenku osmu (opis postępowania na str. 346). Pewne usługi oddały nam skrawki parafinowe z materiału utrwalonego metodą Mevesa i McManusa, barwione hematoksyliną żelazową, kwaśną fuksyną lub Sudanem czarnym B.

Na preparatach gniecionych znaleziono wszystkie stadia tworzenia się elajoplastów. W najmłodszych komórkach merystematycznych występowały nieliczne ziarenka i kropelki, silnie załamujące światło, pojedyncze lub w małych grupkach po 2—4. Wszystkie były osmofilne i sudanofilne. Przy barwieniu Sudanami czerwonymi lub Sudanem czarnym w alkoholowym roztworze następowało natychmiastowe zlewanie się poszczególnych ugrupowań. Błękit Nilu 1% barwił niektóre kuleczki na czerwono, inne na niebiesko. W starszych komórkach widoczna już była większa ilość grup złożonych każda z 3—6 ziarenek. Ilość osmofilnych ziarenek wzrasta w miarę różnicowania się komórek, tworzą też większe i bardziej zbite skupienia. Na fig. 2, 3 i 4 tabl. IV przedstawiających komórki merystemu wierzchołkowego korzonków utrwalonych w parach OsO_4 można

znaleźć wszystkie etapy skupiania się ziarenek osmofilnych w okolicy jądra. Z początku nawet większe ugrupowania są nieregularnych kształtów bez wyraźnego konturu. W komórkach skórki, gdzie już wykształciły się duże leukoplasty zawierające skrobię, „elajoplasty", to znaczy skupienia osmofilnych ziarenek, są płaskie, nieforemne, raczej wielokątne. Oblepiają one dosłownie jądro. Pomiędzy nimi leżą leukoplasty odcinające się wyraźnie po zabarwieniu jodem w jodku potasu preparatu utrwalonego czterotlenkiem osmu.

W strefie przejściowej, między korzeniem a hypokotylem, widzimy już uformowane elajoplasty z dobrze zarysowanym konturem, ale jeszcze różnej wielkości i kształtów. Są zawsze płaskie. Często przylegają do jądra, które otaczają wielkimi płatami, powstającymi ze zlania się poszczególnych mniejszych elajoplastów (tabl. II, fig. 1 i 2). Pod mikroskopem obserwowano w żywych komórkach różne etapy ześlizgiwania się z jądra tego rodzaju wklęsłych miseczkowatych elajoplastów. Również na pozostałym terenie komórki można znaleźć stadia zlewania się mniejszych elajoplastów w większe (porównaj tabl. II, fig. 3 i 4). Dalszy krok w rozwoju elajoplastów, który zazwyczaj odbywa się dopiero w hypokotylu, to przekształcanie się płaskich ziarnistych skupień w kuliste elajoplasty. W wierzchołku korzenia kuliste elajoplasty występują w komórkach czapeczki i w zróżnicowanych komórkach skórki (tab. IV, fig. 5 i 6).

Preparaty parafinowe z korzeni utrwalonych metodą Mevesa, McManusa itp. potwierdziły powyższe obserwacje. Rozkład i udział elementów osmofilnych i sudanofilnych w różnych strefach korzenia był analogiczny. Wyróżnienie szczegółów stało się jednak trudniejsze. Pod wpływem utrwalania i barwienia nastąpiło częściowo zlanie się ziarnistych utworów w poszczególnych skupieniach i różna deformacja tych ostatnich (porównaj tabl. IV, fig. 1).

Powstawanie elajoplastów z drobnych ziarnistych utworów obserwowano również w żywych komórkach, a mianowicie w skórce hypokotyli wyhodowanych w ciemności.

Wypłonione hypokotyle, na 5—6 dzień po wykiełkowaniu nasion, osiągały długość ponad 5 cm, podczas gdy liścienie były jeszcze ukryte w rozłupkach. Formowanie się elajoplastów opóźniało się w porównaniu z roślinami w kulturach na świetle. W cytoplazmie występowały liczne sferosomy (średnicy 0,3—0,6 μ) obok większych kuleczek, o których trudno było orzec, czy są sferosomami, czy kuleczkami tłuszczu: własności optyczne miały takie same. W komórkach, w których cykloza była energiczna, drobne te ciałka płynące w strumieniach cytoplazmy skupiały się w okolicy jądra. Patrząc na jądro z góry, widziało się na jego tle pojedyncze ziarenka oraz ziarenka połączone po 3—6 w charakterystyczne łańcuszki i większe już zgrupowania, które wzrastały w oczach przez do-

łączania się dalszych ziarenek. Czasem od razu występowały większe skupienia. W sąsiadujących ze sobą komórkach formowanie się elajoplastów było na różnym etapie, tak że na jednym skrawku znajdowano wszystkie obrazy opisane w korzeniu.

Na tle jąder występowały niekiedy charakterystyczne grupy kilku ziarenek ułożonych na powierzchni drobnych pęcherzyków (wodniczków?) lub w kątach małych wieloboków. Bardzo frapujące były obrazy powstawania tych zgrupowań z prostych łańcuszków. W preparacie oglądanym w oleju parafinowym widziano, jak łańcuszek składający się z 4—6 ziarenek zginał się raptownie, przełamywał, po czym następowało przemieszczanie się ziarenek, zjawiały się pęcherzyki bądź wieloboczne ciała.

Podobne skupienia ziarenek na powierzchni lub wewnątrz pęcherzyków obserwowano w komórkach zamykających szparek (tabl. III, fig. 7 i 8), w skórce organów kwiatowych, w których występowały elajoplasty w postaci gron (tabl. III, fig. 9), a także w tetradach i mikrosporach. Pod działaniem Sudanów w alkoholowym roztworze następowało, jak zwykle, zlewanie się skupień w kroplę zabarwioną.

Rozpadanie się elajoplastów dostarcza dalszych dowodów, że elajoplasty utworzone są ze skupienia ziarenek i kuleczek osmofilnych. Jest to niejako odwrócony obraz powstawania elajoplastów. U *A. rosea* obserwuje się samorzutny rozpad elajoplastów w starszych kulturach 10—14-dniowych, u *M. neglecta* już w kilka dni po wysianiu nasion. Proces ten zachodzi szybciej w ciemności.

Przebieg rozpadania się elajoplastów, obserwowany pod mikroskopem, jest następujący. W komórkach, gdzie ruch cytoplazmy jest żywy, odrywają się od elajoplastów grupy ziarnistości (wśród nich znajdują się i większe kropelki tłuszczowe (tabl. V, fig. 1, 3, 4). Oderwane fragmenty mogą wtórnie przybierać postać kulistą (tabl. V, fig. 2). Powstają nowe elajoplasty — na ich powierzchni zbiera się niekiedy żelatynowata substancja, tworząc rodzaj otoczki. Często mniejsze fragmenty, oderwane od elajoplastu macierzystego, zlewają się ze sobą, tworząc większe skupienia. Kiedy indziej rozpadają się zupełnie (tabl. V, fig. 5, 6). Proces ten zachodzi szybko. Masa skupionych z początku ziarenek i kuleczek — jest ich setki — wypływa z elajoplastu na zewnątrz i, unoszona przez strumienie cytoplazmy, rozprasza się stopniowo w komórce. Nie można ich wtedy odróżnić od sferosomów i kuleczek tłuszczu, które stanowią stałe składniki komórki.

W okresie rozpadania się elajoplastów ilość ziarnistych utworów w komórce wyraźnie wzrasta. Różnica ta zawsze się zaznacza, kiedy w preparacie występują obok siebie komórki zawierające normalne elajo-

plasty i już elajoplastów pozbawione. Ziarniste utwory wysypujące się z elajoplastów redukują czterotlenek osmu.

Charakter ziarnistych składników elajoplastów

Część kulistych ciałek osmofilnych w rozpadających się elajoplastach to kuleczki lipidowe. Zgodnie ze zdaniem Steffena można je zidentyfikować, jeżeli wielkość ich przekracza 1 μ (Steffen 1953). Ale zdarzają się i mniejsze kropelki tłuszczu, tych nie można odróżnić od pozostałych ziarenek osmofilnych. Średnica ziarenek osmofilnych wynosi 0,3—0,5 μ, po napęcznieniu w wodzie dochodzi nawet do 0,8 μ. Pomiary robiono: w ziarnistych elajoplastach, w stadium rozpadania się tych ostatnich oraz w okresie skupiania się ziarenek przy powstawaniu elajoplastów.

Ziarnistości osmofilne mają własności optyczne kulistych utworów silnie załamujących światło, to znaczy są czarne w kontraście fazowym, ze zmianą barwy z czarnej na jasną kiedy są w ruchu, silnie uginają światło, wykazując typowe „halo". Cechy te, uważane niekiedy za specyficzne dla sferosomów (Sorokin H. P. 1955, Sorokin H. P. i Sorokin S. S. 1956), właściwe są i drobnym kuleczkom lipidowym, nie stanowią więc kryterium, które by pozwoliło rozróżnić te dwie kategorie utworów Inne właściwości charakteryzujące ziarenka osmofilne rozpadających się, a także powstających elajoplastów — to szybki ruch w strumieniach cytoplazmy, szybszy niż elementów chondriomu, oraz tendencja do układania się w łańcuszki po 2—5. Są to, jak wiadomo, cechy przypisywane sferosomom (Sorokin H. P. 1955, Sorokin H. P. i Sorokin S. S. 1956, i inni).

Na podstawie preparatów utrwalonych metodą McManusa, barwionych Sudanem czarnym, oraz na podstawie testu kwaśnej hemateiny Bakera, można wnioskować, że ziarenka leżące w elajoplastach zawierają fosfolipidy. Po zabarwieniu skrawków całe elajoplasty tworzą czarne bądź ciemnoniebieskie plamy, w starych jednak preparatach podłoże staje się bledsze i wtedy od jaśniejszego tła odcinają się czarne lub granatowe punkciki. Niewątpliwie występują w ziarenkach lipidy nienasycone, wśród nich trójglicerydy (patrz wyżej: barwienie Sudanami czerwonymi ziarnistości skupiających się w elajoplasty, natychmiastowa redukcja OsO_4 — Baker 1958 oraz nienasycone fosfolipidy — reakcja PFAS).

Celem stwierdzenia, czy w ziarenkach osmofilnych poza lipidami występują i substancje białkowe, użyto metody Pernera stosowanej do barwienia sferosomów (Perner 1952, 1953, 1958). Polega ona na barwieniu skrawków barwnikami zasadowymi (rozaniliną, błękitem Viktoria lub

pironiną) po uprzedniej ekstrakcji ksylenem lipidów. Metoda ta zawiodła jednak w zastosowaniu do ziarenek tkwiących w nie naruszonych elajoplastach. Okazało się bowiem, że jednolite zaczernienie elajoplastów wywołane parami OsO_4 nie znikało w ksylenie nawet po 2 tygodniach. Udało się natomiast zabarwić tą metodą utwory w komórkach z rozsypanymi już elajoplastami. Skonstatowano, że w komórkach tych było więcej wybarwionych ziarnistości niż w sąsiednich, zawierających nie zmienione elajoplasty.

Lepsze wyniki uzyskano wprowadzając pewne modyfikacje do metody Pernera. Po utrwaleniu skrawków w parach czterotlenku osmu (10—20 min), płukano je w wodzie wodociągowej — zmienianej kilkakrotnie — w ciągu 1/2 godziny, po czym poddawano je działaniu kwasu nadmrówkowego (przygotowanego jak do reakcji PFAS).

Kwas nadmrówkowy wybielał elajoplasty, rozpuszczał częściowo tłuszcze i powodował rozsypywanie się elajoplastów. Przy dostatecznie krótkim działaniu kwasu nadmrówkowego (kilka sekund) można było uchwycić moment, kiedy elajoplasty już się rozpadły, ale wypływające z nich ziarenka i kuleczki były jeszcze skupione. Dzięki temu dawały się odróżnić od bardziej równomiernie rozproszonych w cytoplazmie sferosomów i kuleczek tłuszczu. Preparaty z rozsypującymi się elajoplastami przemywano w wodzie destylowanej (kilka razy zmienianej), następnie przenoszono do pirydyny (w temp. 60°C) na 17—24 godz. Po przemyciu ponownym w wodzie wodociągowej (2 godz) skrawki barwiono roztworami (1 : 1000) rozaniliny, błękitu Viktoria lub pironiny w ciągu 1 godziny, płukano wodą i zamykano w glicerynie z żelatyną lub w glicerynie. Można też było barwić skrawki dłużej, różnicując je następnie w HCl 1n. Komórki po pirydynie były zniszczone, ale skupienia zabarwionych ziarenek były widoczne. Najlepsze wyniki dawało barwienie rozaniliną.

Podłoże elajoplastów

Jakie jest podłoże elajoplastów, to znaczy, jakie substancje spajają osmofilne ziarenka i otaczają niekiedy szklistą powłoką całe elajoplasty? Niewątpliwie występują w podłożu białka. Jak podano wyżej, po rozpuszczeniu lipidów, na terenie elajoplastów obok drobnych ziarenek pozostaje ciało gąbczaste lub siateczkowate, które daje reakcje na białka. W preparatach trwałych ze skórki różnych organów, utrwalonej metodą Mevesa (preparaty odbarwiano wodą utlenioną), Nawaszina lub Regaud, występuje ten sam szkielet elajoplastów czasem piankowaty, kiedy indziej w postaci siateczki mniej lub bardziej zbitej, czerwonej w materiale barwionym kwaśną fuksyną Altmanna, szaroczarnej po hematoksylinie.

W podłożu znajdują się w dużej ilości lipidy nienasycone, prawdopodobnie głównie trójglicerydy. Wskazuje na to jednolite zabarwienie całych elajoplastów po krótkim nawet działaniu czterotlenku osmu i po utrwaleniu w płynie Mevesa, który zawiera OsO_4 w obecności silnego utleniacza (B a k e r 1958). Podczas usuwania 3% wodą utlenioną sczernień elajoplastów, utrwalonych w parach osmu, najpierw znika zabarwienie podłoża, dopiero po jakimś czasie stają się bezbarwne tkwiące w nim ziarenka. Można więc w pewnym momencie zabarwić Sudanami czerwonymi tylko podłoże. Powstawanie figur myelinowych dowodzi występowania w podłożu fosfolipidów (lecytyn).

Inny dowód obecności fosfolipidów — to zabarwienie całego elajoplastu Sudanem czarnym po utrwaleniu metodą McManusa i kwaśną hemateiną wg Bakera. W obydwu przypadkach elajoplasty są często otoczone czarną wąską obwódką — byłby to odpowiednik szklistej otoczki obserwowanej w świeżym materiale.

Wreszcie podłoże zawiera śluzy pektynowe, które wykazały specyficzne zabarwienie czerwienią rutenową i błękitem metylenowym (fioletowe).

Śluzy pektynowe występują jako kropelki wśród innych, nie zabarwionych ziarenek elajoplastów, w otoczce galaretowatej — zwykle tylko w pewnych jej partiach — i w wodniczkach na terenie elajoplastów.

Już w małych pęcherzykowatych skupieniach, o których wspomniano wyżej, można było wyróżnić podłoże. Barwiło się ono na różowo czerwienią rutenową (ziarenka były bezbarwne), również na różowo barwiło się błękitem Nilu 1% (ziarenka zabarwione na niebiesko), na brunatno kwasem osmowym (ziarenka czarne). Charakter wybarwiania się tła pęcherzyków wskazywałby na obecność śluzów i tłuszczów obojętnych.

OMÓWIENIE WYNIKÓW

Elajoplasty u ślazowatych występują tylko w pewnych okresach życia rośliny. Są one właściwe jej młodym stadiom; wcześnie, bo już w hypokotylu, osiągają najwyższy stopień wykształcenia i maksymalne rozmiary, po czym zaczyna się ich stopniowa degeneracja. Drugi okres zjawiania się elajoplastów — to okres kwitnienia rośliny. I teraz najwyższy ich rozwój przypada na młode organy, jeszcze w pąku.

Wbrew opiniom dawniejszych botaników elajoplasty nie dzielą się. „Bierny podział", pączkowanie (R a c i b o r s k i 1895, P o l i t i s 1911), to już pierwsze stadium ich rozpadu.

Organy tak nietrwałe, niezdolne do autoreprodukcji, nie mogą być uważane za odpowiedniki plastydów.

Nie można też elajoplastów uważać za produkt degeneracji plastydów. Nie da się to pogodzić z ich zjawianiem się w młodych organach w okresie intensywnego wzrostu. Obok elajoplastów w komórce zawsze występują bądź leukoplasty, bądź chloroplasty. Nie ma form przejściowych. U ślazowatych plastydy w żadnym okresie nie zawierają inkluzji tłuszczowych.

Powstawanie elajoplastów u ślazowatych dowodzi, że nie są to również składniki komórki homologiczne z plastydami. Nie ma związku genetycznego między tymi dwiema kategoriami utworów.

Różne były poglądy na pochodzenie elajoplastów u wyższych roślin. Przeważnie wiązano ich powstawanie z plastydami (Lundström 1888, Wakker 1888, Beer 1909, Faul 1935, Thaler 1956). Wg Wóycickiego (1929) elajoplasty powstają z połączenia „oleoplastów", które mają postać mitochondriów Guilliermonda. Politis wywodził je z jądra.

Inny typ poglądów reprezentuje Raciborski, Caruso i Guilliermond. Raciborski (1895) uważał, że elajoplasty wykształcają się wśród plazmy i że ich homologami są raczej wszystkie kulki oleiste. Zdaniem Guilliermonda (1921, 1922) elajoplasty są aglomeratem kuleczek lipoidowych. Podobne stanowisko zajmuje L. Caruso (1938). Nie jest wykluczone, że pochodzenie elajoplastów u różnych roślin jest niejednakowe.

U *Malvaceae* elajoplasty powstają na drodze skupiania się ziarenek osmofilnych i sudanofilnych. W wierzchołku korzenia *A. rosea* i *M. neglecta*, gdzie rozwój elajoplastów przebiega równolegle do różnicowania się komórek, wykazałyśmy kolejne stadia tworzenia się elajoplastów, począwszy od łączenia się nielicznych ziarenek osmofilnych w drobne grupy, poprzez powstawanie większych skupień — aż do uformowanych już elajoplastów. Ten sam proces agregacji ziarenek osmofilnych udało się nam prześledzić krok za krokiem w żywych komórkach wypłonionych hypokotyli, u których rozwój elajoplastów był opóźniony.

Również obrazy elajoplastów rozpadających się samorzutnie lub pod wpływem kwasu mrówkowego potwierdzały pogląd, że są one skupieniami ziarenek osmofilnych i kuleczek tłuszczu.

Wyniki naszej pracy zbliżają nas do poglądów Guilliermonda. Elajoplasty u ślazowatych nie są jednak agregatami zwykłych kuleczek lipoidowych, jak to twierdzi Guilliermond; ich składniki ziarniste zawierają bowiem nie tylko lipidy, ale i substancje białkowe. W rozpadających się elajoplastach udało nam się ujawnić to podłoże białkowe ziarnistych utworów, barwiąc je — po rozpuszczeniu lipidów pirydyną —

barwnikami zasadowymi, które stosował Perner (1952) dla barwienia sferosomów, to znaczy rozaniliną, błękitem Viktoria, pironiną. Metodę tę uznałyśmy za bardziej miarodajną dla naszego materiału niż metoda Pernera, gdyż dawała pełną gwarancję całkowitego usunięcia lipidów. Obecność składnika białkowego w ziarenkach elajoplastów potwierdziła również reakcja bromofenolowa (Mazia i inni).

Z uwagi na dwoisty charakter, to znaczy obecność składnika białkowego obok lipidów, ziarnistości osmofilne elajoplastów przypominają sferosomy. Jako cechy wspólne należy wymienić podobną wielkość, kształt, to samo zachowanie optyczne. W strumieniach cytoplazmy ruch ziarenek osmofilnych jest szybszy niż innych składników komórki, co, jak wiadomo, charakteryzuje sferosomy. Układają się podobnie jak sferosomy w łańcuszki po 2—4.

W odróżnieniu od sferosomów ziarenka osmofilne są mało trwałe, łatwo pęcznieją. Przy degradacji, która zachodzi w elajoplastach jeszcze żywej komórki, w napęczniałych ziarenkach następuje odmieszanie, wtedy mogą się one ze sobą zlewać. Jak wiadomo, nie było dotąd obserwowane ani pęcznienie, ani zlewanie się sferosomów (Perner 1953, Höfler i Url 1958), raczej ulegają one rozpuszczeniu i stają się niewidoczne. W HCl 1/1000 n dopiero po dłuższym czasie następuje ich zlewanie się ze sobą (Perner 1958). Dalsza różnica dotyczy zachowania się wobec takich barwników, jak Sudany i błękit Nilu. Barwią one ziarenka osmofilne już w materiale świeżym, sferosomy dopiero po utrwaleniu (Perner 1952). Dowodzi to, że przynajmniej część lipidów w ziarenkach osmofilnych jest nie maskowana.

Wszystkie wyżej wymienione własności, którymi różnią się ziarenka osmofilne elajoplastów od sferosomów, dałyby się wytłumaczyć przy założeniu, że są to sferosomy wzbogacone w substancje tłuszczowe. W komórkach malw, zawierających duże ilości tłuszczów (w preparatach w wodzie, a zwłaszcza w oleju parafinowym, tłuszcze wyciekają z komórek), istnieją warunki sprzyjające podobnemu nagromadzeniu się lipidów.

Tu nasuwa się pewna analogia z kuleczkami lipoidowymi, występującymi jakoby prawie we wszystkich komórkach zwierzęcych (Baker 1957), zwłaszcza z tą ich kategorią, która wiąże się z wytwarzaniem tłuszczów (Worley Z. G. i Worley A. K. 1943, Nath i inni 1959). Kuleczki lipidowe komórek zwierzęcych mają zbliżony skład (Baker 1957), niektóre zawierają również białka, np. występujące w komórkach nerwowych u *Gasteropoda* (Chou 1957, podaję za Bakerem 1957) oraz we wczesnych stadiach rozwoju oocytów u *Orthoptera* (Nath i inni, 1959).

Wyniki niniejszej pracy nie pozwalają na ostateczne zidentyfikowanie ziarnistych komponent elajoplastów. Ograniczono się na razie do analizy

cytochemicznej ziarenek pochodzących z elajoplastów. Konieczne są dalsze badania porównawcze, które objęłyby i inne składniki morfotyczne komórki.

U wyższych roślin charakter składników oleistych elajoplastów został ustalony zaledwie w kilku przypadkach. U wszystkich zbadanych roślin stwierdzono lipidy, tylko u *Cyclanthera pedata* Riss (1918) znalazł olejki eteryczne. W skórce tulipanów występują tłuszcze obojętne i lipoidy (Guilliermond 1919); elajoplasty *Funkia subovata* i *Vanilla planifolia* zawierają lipoidy, tłuszcze obojętne i kwasy tłuszczowe (Guilliermond 1922). U tej ostatniej rośliny Thaler znajduje obok fosfolipidów również i acetalfosfatydy (Thaler 1956). W elajoplastach goryczek występują tylko tłuszcze obojętne i lipoidy (Kwiatkowska 1959).

W pracy niniejszej stwierdzono w elajoplastach hypokotyla *A. rosea* obecność tłuszczów obojętnych, fosfolipidów, kwasów tłuszczowych. Charakterystyczny dla malwowatych jest duży udział związków nienasyconych. Dodamy, że kwasy tłuszczowe, wśród nich kwas nienasycony, były wykazane metodą chromatograficzną w liściach i nasionach ślazowatych (Shenstone A. J., Vickery 1957).

Śluzy pektynowe, które znaleziono w elajoplastach hypokotyla *A. rosea*, związane są również ze specyfiką materiału.

Jeszcze mniej zajmowano się dotąd podłożem elajoplastów. Kilkakrotnie stwierdzono jego charakter białkowy — plazmatyczny (Wakker 1888, Raciborski 1895, Luxenburgowa 1927, 1928, Wóycicki 1929). Guilliermond, dając opis tworzenia się elajoplastów przez aglomerację kuleczek lipoidowych, nie tylko nie wspomina o podłożu, ale nawet podkreśla specjalnie brak składnika białkowego w elajoplastach (Guilliermond 1922).

Badania nasze wykazały, że w podłożu elajoplastów u ślazów występują białka, różne lipidy, wśród nich dużo związków nienasyconych oraz śluzy pektynowe.

Pozostaje kwestią otwartą, skąd się biorą te składniki podłoża. Czy pochodzenie tłuszczów związane jest z ziarenkami osmofilnymi — byłaby to dalsza analogia z komórkami zwierzęcymi — czy też skupianie się ziarenek osmofilnych zachodzi na terenach wydzielonych cytoplazmy wokół wodniczków śluzowych lub lipidowych. Wydaje się nam interesujący fakt, że już w skupieniach, składających się zaledwie z kilku ziarenek, można było wykazać podłoże zawierające bądź lipidy, bądź śluzy.

Proces powstawania elajoplastów w kształcie gron z form ziarnistych przypomina analogiczne powstawanie figur myelinowych w chloroplastach (Weber 1935, Frey Wyssling 1956). I tu i tam udział w procesie bierze podłoże (stroma chloroplastu) i ziarniste utwory — to znaczy

grona w chloroplastach (Frey Wyssling 1956), ziarenka osmofilne w elajoplastach. Podobnie jak w chloroplastach również i w elajoplastach następuje w czasie pęcznienia zmieszanie treści obydwóch składników.

Nazwa „elajoplast" nie jest uzasadniona w zastosowaniu do utworów opisanych przez nas u *Malvaceae*. Utwory te nie są plastydami i nie pochodzą z plastydów. Mimo tego zastrzeżenia zachowujemy na razie ten termin ze względu na jego priorytet, a także z uwagi na to, że jest najczęściej stosowany i najbardziej ogólny. Sądzimy, że dopiero po ostatecznym stwierdzeniu pochodzenia i roli elajoplastów występujących u różnych roślin będzie można przystąpić do ustalenia wśród nich odrębnych kategorii, którym wypadnie nadać specjalne nazwy.

STRESZCZENIE

1. Stwierdzono występowanie elajoplastów w komórkach skórki u *Althaea rosea* (L.) Cav., *A. officinalis* L., *Malva neglecta* Wallr., *M. mauritiana* L., *M. silvestris* L., *M. pusilla* Sm., *Lavatera thuringiaca* L. i *Sidalcea candida* A. Gr.

Elajoplasty występowały w skórce wszystkich młodych organów wegetatywnych, były też stałym składnikiem komórki we wszystkich organach kwiatowych.

2. W poszczególnych organach *Althaea rosea elajoplasty* różnią się wyglądem. W hypokotylu są kuliste lub owalne, ziarniste, silnie załamujące światło, często otoczone szklistą powłoką. Dla organów w rozwiniętych kwiatach charakterystyczne są elajoplasty w postaci gron przechodzących w luźne skupienia kul, a nawet już tylko pojedyncze kule. W pąkach zdarzają się i formy ziarniste. W korzeniu, tam gdzie już uformowały się elajoplasty, są one płaskie, wielkie, o nieregularnych kształtach.

3. W elajoplastach hypokotyli *A. rosea* występują tłuszcze, białka i w niewielkiej ilości śluzy pektynowe. Przeważają tłuszcze, wśród nich tłuszcze obojętne. Występują również fosfolipidy oraz kwasy tłuszczowe. Duży jest udział lipidów nienasyconych, wśród których stwierdzono trójglicerydy i fosfolipidy.

Wszystkie te składniki, z wyjątkiem kwasów tłuszczowych, których nie udało się bliżej zlokalizować, występują zarówno w podłożu elajoplastów, jak i w jego ziarenkach.

Lipidy rozpuszczają się w zwykłych rozpuszczalnikach tłuszczowych, ale również i w kwasie octowym lodowatym. Aceton rozpuszcza nie wszystkie lipidy.

4. Elajoplasty wszystkich postaci tworzą się z form ziarnistych. Przemiany, związane zawsze z uwodnieniem, odbywają się kosztem podłoża elajoplastu i kosztem tkwiących w nim składników ziarnistych. Z podłoża powstają „formy myelinowe", w postaci najczęściej kul-pęcherzy, świecących w świetle spolaryzowanym, w pewnych warunkach jako wyrosty rurkowate. Deformacja ziarnistych elajoplastów może być również zapoczątkowana przez stopniowe pęcznienie ziarenek leżących w elajoplastach, w których następuje odmieszanie — „Napfförmige Entmischung". Przy dalszym pęcznieniu pęcherzyki zlewają się ze sobą, tworząc większe kule. Oba opisane procesy dopełniają się wzajemnie, przy czym w miarę postępującej hydratacji następuje zlanie się treści obydwóch składników. W rezultacie powstają groniaste elajoplasty. Resztki odmieszanej, bardziej gęstej substancji tworzą grudki i pasemka na ścianach granicznych połączonych ze sobą pęcherzy. Część ziarenek elajoplastu może być zachowana w nie zmienionej postaci.

Tego rodzaju obrazy elajoplastów widoczne są przeważnie na materiale utrwalonym metodą Bouina, Nawaszina, Lewickiego, Mevesa, także McManusa, Regaud i Bakera mieszaniną formalinowo-wapniową.

Tylko OsO_4 użyty jako pary w roztworze 1—2% utrwala zawsze ziarniste elajoplasty w nie zmienionej postaci.

5. Elajoplasty u ślazowatych powstają przez agregację ziarenek osmofilnych i sudanofilnych, występujących w cytoplazmie komórek. Przebieg tego procesu obserwowano w wierzchołku korzeni *M. neglecta* i *A. rosea*. W miarę różnicowania się komórek merystemu wierzchołkowego zjawiały się kolejne stadia skupienia się ziarenek. W młodych komórkach merystematycznych występują nieliczne grupy składające się z kilku ziarenek. Następnie tworzą się większe agregaty, jeszcze bez wyraźnie zarysowanego konturu, ściśle przylegające do jądra. Zachodzi stopniowe zlewanie się mniejszych skupień w większe i odsuwanie się tych ostatnich od jądra. W rezultacie powstają wielkie, płaskie, nieforemne elajoplasty, charakterystyczne dla strefy przejściowej między korzeniem a hypokotylem. Ostatecznie ukształtowane elajoplasty, w których można wyróżnić obok ziarnistości i substrat, zjawiają się w hypokotylu.

Wszystkie stadia tworzenia się elajoplastów można było prześledzić w żywych komórkach skórki etiolowanych hypokotylów, w których powstawanie elajoplastów było opóźnione.

Obrazy rozpadania się elajoplastów potwierdziły również nasz pogląd o tworzeniu się elajoplastów drogą skupiania się ziarenek osmofilnych.

6. Ziarnistości osmofilne elajoplastów zbliżone są do sferosomów szeregiem cech, mianowicie przez: 1) te same własności optyczne, 2) wielkość (od 0,3—0,5 μ, większe, kiedy są napęczniałe, dochodzą wtedy do 0,8 μ), 3) szybkie poruszanie się w strumieniach cytoplazmy, 4) układanie się w charakterystyczne łańcuszki złożone z 2 do 6 ziarenek, 5) obecność obok lipidów składnika białkowego.

Różnice pomiędzy sferosomami a ziarnistościami osmofilnymi elajoplastów w hypokotylu są następujące: ziarnistości osmofilne elajoplastów barwią się już w świeżym materiale Sudanami i błękitem Nilu, są mniej trwałe i pęcznieją w wodzie. W powstałych pęcherzykach może następować odmieszanie.

7. Wysunięto przypuszczenie, że ziarnistości osmofilne malw są sferosomami wzbogaconymi w lipidy. Tłumaczyłoby to odrębne zachowanie się ziarnistości osmofilnych i sferosomów. Obfitość tłuszczów w komórce malw stwarza warunki sprzyjające nagromadzeniu się lipidów w sferosomach.

Wskazano również na pewną analogię między ziarenkami osmofilnymi elajoplastów a kuleczkami lipoidowymi, występującymi w komórkach zwierzęcych.

Katedra Anatomii i Cytologii Roślin
Uniwersytetu Łódzkiego

(Wpłynęło dn. 11.1.1961 r.)

RÉSUMÉ

1. On a constaté la présence des élaïoplastes dans les cellules épidermiques des espèces suivantes: *Althaea rosea* (L.) Cav., *A. officinalis* L., *Malva neglecta* Wallr., *M. mauritiana* L., *M. silvestris* L., *M. pusilla* Sm., *Lavatera thuringiaca* L., *Sidalcea candida* A. Gr.

Les élaïoplastes apparaissent toujours dans les organes jeunes, tels que les racines, les hypocotyles, les cotylédons et les jeunes feuilles; ils font défaut dans les organes vegétatifs adultes, pour réapparaître ensuite dans toutes les pièces florales.

2. Les élaïoplastes d'*Althaea rosea* varient par leur forme et leur apparence suivant les divers organes de la même plante.

Dans l'hypocotyle ce sont les corps sphériques ou ovoïdes, granuleux, fortement réfringents, à contour net, revêtus souvent d'une gaine gélatineuse. Ils sont formés par le substratum homogène et les nombreuses granulations osmiophiles qui se révèlent comme points noirs, lorsque examinées in vivo en contraste de phase. Les élaïoplastes muriformes et en forme de grappe sont caractéristiques des organes des fleurs épanouies. Dans les diverses pièces du bourgeon floral, on rencontre encore des élaïoplastes granuleux. Dans la racine, au niveau, où les élaïoplastes sont déjà présents, ils sont grands, plats, de forme irrégulière.

3. Les élaïoplastes renferment des substances protéiques, des lipides et des mucilages pectiques — ceux-ci étant en très petite quantité. Les lipides sont les constituants les plus importants. Les triglycérides semblent prédominer. Ils sont accompagnés de phospholipides (lécithines) et d'acides gras. Les lipides non saturés, parmi lesquels on a décelé des graisses neutres et des phospholipides, sont très abondants. Tous ces constituants des élaïoplastes, sauf les acides gras, dont la localisation est plus difficile à affirmer et les substances pectiques qui se trouvent uniquement dans le substratum, ont élé révélés aussi bien dans le substratum que dans les granulations.

Les lipides sont solubles non seulement dans les solvants ordinaires des graisses, mais aussi dans l'acide acétique glacial. L'acétone ne dissout pas tous les lipides contenus dans élaïoplastes.

4. Les élaïoplastes de formes variées tirent leur origine des élaïoplastes à structure granuleuse. Le processus de transformation, accompagné toujours de l'hydratation, paraît s'effectuer suivant deux modes principaux, tantôt au dépens de substratum d'élaïoplaste, tantôt au dépens de ses inclusions granulaires. Dans le premier cas, on voit apparaître à la surface des élaïoplastes des „figures myeliniques" qui se présentent le plus souvent sous forme de vésicules-boules, dans certaines circonstances — de protubérences tubuleuses. D'autre part, la déformation peut être initiée par gonflement des granulations incluses dans le substratum qui conduit à leur vésiculisation. Au sein de vésicules, la séparation de phases („Entmischung") a lieu. Les vésicules s'accroissent, se fusionnent en formant des globules de plus en plus gros. Les deux precessus décrits se complètent mutuellement, il en résulte l'apparition des élaïoplastes muriformes, en forme de grappes ou de framboises ou même de simples grosses boules.

Les résidus de la matière plus dense „démêlée" forment des grains difformes ou des grumeaux accolés aux parois des boules vésiculeuses. Une partie de granulations de l'élaïoplaste peut persister à l'état non changé.

5. Les élaïoplastes des Malvacées se forment par l'agglomération de granulations osmio- et soudanophiles présentes dans le cytoplasme des cellules. Dans les tissus des racines *d'Althaea rosea* et de *Malva neglecta* on pouvait observer toutes les phases successives d'agrégation de granulations osmioréductrices. Dans les jeunes cellules méristématiques, on ne voit que de petits groupes composés d'un nombre restreint de granules, plus tard, au fur et à mesure que les cellules se différencient, les amas deviennent de plus en plus grands et nombreux. Difformes, sans contour net, ils adhèrent d'abord au noyau. Dans les stades plus avancés, ces amas se fusionnent à leur tour, ce qui conduit à la formation d'élaïoplastes énormes, aplatis, de formes irrégulières, qu'on voit dans la région intermédiaire entre la racine et l'hypocotyle. Les elaïoplastes s'éloignent du noyau, s'arrondissent, leur forme devient régulièrement sphérique. C'est dans l'hypocotyle que leur évolution est définitivement accomplie. Se ne sont plus de simples conglomérats de granulation, on y peut

discerner aussi un substratum et quelquefois une sorte de pellicule qui enveloppe l'ensemble. D'habitude, il n'y a qu'un élaïoplaste par cellule.

Nous avons pu suivre pas à pas la marche du même processus, sur le vivant, dans les cellules des hypocotyles étiolés, dans lesquelles l'évolution des élaïoplastes fut retardée.

Les images de désagrégation des élaïoplastes soit spontanée, soit provoquée par l'action de l'acide performique, confirment nos opinions sur le mode de développement des élaïoplastes.

6. Les granulations osmiophiles des élaïoplastes ressemblent aux sphérosomes de Perner en raison de certains caractères, et notamment: 1) les mêmes propriétés optiques; 2) la petite taille — elles sont de 0,3—0,5 μ de diamètre —lorsqu'elles sont gonflées, elles atteignent 0,8 μ; 3) le déplacement rapide le long de travées cytoplasmiques; 4) la tendance à se réunir en chaînettes courtes, composées de 2 (le plus souvent) à 6 grains; 5) leur nature chimique double, c'est-à-dire la présence des substances protéiques à côté des lipides.

Les différences entre les sphérosomes et les granulations osmiophiles des élaïoplastes de *A. rosea* sont les suivantes: les granulations des élaïoplastes sont plus osmiophiles, moins stables. Elles se gonflent dans l'eau, dans les sphérules qui en résultent la séparation des phases („Entmischung)" peut se produire. Elles ont la faculté de fusionner entre elles sous l'action de divers réactifs.

7. Nos études nous conduisent à admettre que les granules osmiophiles des mauves sont des sphérosomes plus riches en lipides ce qui expliquerait leur comportement différent. L'abondance de corps gras dans la cellule des mauves semble créer des conditions favorables pour l'accumulation des lipides dans les sphérosomes.

On a également signalé une certaine analogie des grains osmiophiles des elaïoplastes avec des granulations lipoïdiques décrites dans les cellules animales.

LITERATURA

Baker J. R., 1957, Lipoids globules in cells, Nature 180: 947—949.

Baker J. R., 1958, Principles of Biological Microtechnique. London, N. Y.

Barrollier I. i Suchowsky G., 1958, Betrachtungen über Lipoid-Farbstoffe. Eine neue Methode einer Sudanfärbung, Acta Histochem. 5: 294—296.

Beer R., 1909, On elajoplasts, Ann. of Bot. 23 (89).

Cain A. J., 1950, The histochemistry of lipoids in animals, Biol. Rev. Cambridge Phil. Soc. 25 (1).

Caruso C., 1938; Si talum caratteri fisici e microchimici degli eleosomi di *Haemanthus coccineus* L., Protopl. 31: 593—602.

Faull A. F., 1935, Elaioplasts in Iris, J. Arnold Arbor. 16: 225—267.

Frey Wyssling A., 1916, Myelinartige Verquellung der Chloroplasten in Rohrzuckerlösung, Protopl. 46: 194—197.

Guilliermond A., 1921, Sur les microsomes et les formations lipoïdes de la cellule végétale, C. R. Ac. Sc. 172.

Guilliermond A., 1922, Sur l'origine et la signification des oléoplastes, C. R. Soc. Biol. 86: 437—440.

Gomori G. M. D., 1953, Microscopic histochemistry, Univers. Chicago Press.

Höfler K. i Url W., 1958, Das Verhalten der Chondriosomen bei Kappenplasmolyse, Protopl. 49: 307—319.

Kwiatkowska M., 1959, Występowanie elajoplastów w skórce rodzaju *Gentiana*, Zesz. Nauk. Uniw. Łódzkiego, Ser. II 69—87.

Lundström A. N., 1888, Über farblose Oelplastiden u die biologische Bedeutung der Oeltropfen gewisser Potamogeton Arten, Bot. Centralbl. 35: 177—181.

Luxenburgowa A., 1927, Badania cytochemiczne nad pyłkiem u Malwowatych, Ser. A/B. Rozpr. Wydz. Mat. Przyr. P. A. Um. 67: 85—151.

Luxenburgowa A., 1927, Recherches cytologiques sur les grains de pollen chez les Malvacées, Bull. 1, Ac. Pol. Sci. et des Lettres Sér. B: 363—395.

Mazia D., Brewer P. A., Alfert H., The cytochemical staining and measurement of protein with mercuric bromophenol blue, Biol. Bull. 194: 57—67.

Molisch H., 1923, Mikrochemie der Pflanze, Jena.

Nath V., Gupta B. L., Aggarswala D. K., 1959, Histochemical a morphological studies of the lipids in oogenesis, La cellule 60: 81—101.

Pearse A. C., 1957, Histochemia teoretyczna i stosowana, P.Z.W.L. Warszawa.

Perner E. S., 1952, Zellphysiologische u. zytologische Untersuchungen über den Nachweis u. die Lokalisation der Cytochrom-Oxydase in Allium-Epidermiszellen, Biol. Zbl. 71: 43.

Perner E. S., 1953, Die Sphärosomen (Mikrosomen) pflanzlicher Zellen, Protoplasma 42: 32.

Perner E. S., 1958, Die Sphärosomen der Pflanzenzelle, Protoplasmatol. Bd. III: 1—7.

Politis I., 1911, Sugli Elajoplasti nelle Mono-e Dicotyledoni, Att. Ac. Lincei 20: 599—603.

Raciborski M., 1895, Elajoplasty Liliowatych, Rozpr. Ak. Um. Krak. Seria II, 7: 1—22.

Revel I. P., S. Ito a D. W. Fawcett, 1958, Electron micrographs of myelin figures of phosfolipide simulating intracellular membranes, J. Biophys. a Bioch. Cytol. 4: 595—496.

Shenstone T. S. a. Vickery J. R., 1957, A biologically active fatty acid in *Malvaceae*, Nature 177: 94.

Sorokin H. P., 1955, Mitochondria a spherosomes in the living epidermal cell, Amer. J. Bot. 42: 225—231.

Sorokin H. P., i Sorokin S., 1956, Staining of mitochondria with neotetrazolium chloride, Am. J. Bot. 43: 183.

Steffen K., 1953, Zytologische Untersuchungen an Pollenkorn u. — schlauch I. Phasenkontrastoptische Lebenduntersuchungen an Pollenschläuchen von Galanthus nivalis, Flora 140: 140—174.

Thaler I., 1956, Studien an plastidenähnlichen Gebilden (Elaioplasten u. Sterinoplasten), Protopl. 46: 743—754.

Wałek-Czernecka A. i Kwiatkowska M., 1960, X-Ciała u *Althaea rosea* (L.) Cav., Acta Soc. Bot. Pol. 29: 483—494.

Wakker I. H., 1888, Studien über die Inhaltskörper der Pflanzenzelle, Jahrb. f. wiss. Bot. 19: 423—496.

Weber F., 1933, Myelinfiguren u. Sphärolithe aus Spirogyra Chloroplasten, Protoplasma 19: 455—462.

Wober F., 1955, „Elaioplasten" fehlen den Schliesszellen v. Hosta plantaginea, Protoplasma 44: 460—463.

Worley Z. G. a. Worley A. K., 1943, Studies of the supravitally stained Golgi apparatus, J. of Morph. 73: 365—390.

Wóycicki Z., 1929, Sur les cristalloïdes des noyaux et les „oléoplastes" chez Ornithogalum caudatum. Bull. intern. de l'Acad. Pol. Sci. et Lettres 25: 27—39.

Objaśnienia do tablic

Tablica I

Elajoplasty w skórce różnych organów u *Althaea rosea* (L.) Cav.

Fig. 1, 4, 5 — Elajoplasty ziarniste w hypokotylu. Fig. 4 — elajoplast z wakuolą w środku

Fig. 2, 3, 17 — Ziarniste elajoplasty w kieliszku; na fig. 2 widoczny jest rąbek wokół elajoplastu; na fig. 17 ziarnisty elajoplast przylega jednostronnie do jądra otoczonego chloroplastami

Fig. 6, 7, 8, 13 — Różne stadia wydobywania się kul pęcherzykowatych (formy myelinowe) z podłoża ziarnistego elajoplastu. Fig. 6 — hypokotyl, fig. 7 — wewnętrzne płatki pełnego kwiatu, fig. 8, 13 — kieliszek

Fig. 9 — Kieliszek. Elajoplast w postaci grona, częściowo rozpadający się

Fig. 10 — Elajoplasty w zalążni. W sąsiadujących ze sobą komórkach elajoplast ziarnisty i groniasty.

Fig. 11, 12 — Kielich. Elajoplast jest luźnym skupieniem kul, pozostały liczne ziarenka

Fig. 14, 15 — Elajoplasty w płatkach. Na fig. 14 widoczne jeszcze nie zmienione ziarenka. Fig. 15, pojedyncze kule odłączają się od elajoplastu

Fig. 16 — Elajoplast w skórce kielicha, utrwalonej metodą McManusa, barwionej Sudanem czarnym B

Fig. 18 — Elajoplast w kielichu. W komórkach widoczne X-ciała. Fig. 1—8 pow. ± ± 1310 ×, fig. 9—18 ± 960 ×

Table I

Élaïoplastes dans l'épiderme des différents organes d'*Althaea rosea* (L.) Cav.

Fig. 1, 4, 5 — Élaïoplastes granuleux dans l'hypocotyle.

Fig. 4 — Élaïoplastes avec une vacuole centrale.

Fig. 2, 3, 17 — Élaïoplastes granuleux dans le calicule; fig. 2, on voit par endroits une gaine qui entoure l'élaïoplaste; fig. 17 — l'élaïoplaste granuleux est accolé au noyau qui est entouré des chloroplastes.

Fig. 6, 7, 8, 13 — Divers stades de formation des boules vésiculaires (formes myeliniques) à partir du substratum de l'élaïoplaste à structure granuleuse. Fig. 6 — hypocotyle, fig. 7 — pétales internes d'une fleur double, fig. 8, 13 — calicule.

Fig. 9 — Calicule. Élaïoplaste en forme de grappe en train de se disloquer.

Fig. 10 — Élaïoplaste dans l'ovaire. Dans deux cellules voisines, on voit un élaïoplaste granuleux, un'autre — muriforme.

Fig. 11, 12 — Calicule. L'élaïoplaste présente un lâche agrégat de boules, quelques grains sont conservés.

Fig. 14, 15 — Élaïoplastes dans les pétales. Fig. 14 — on voit des granulations au sein de l'élaïoplaste non changé. Fig. 15 — les boules isolées se séparent de l'élaïoplaste.

Fig. 16 — Élaïoplaste dans l'épiderme du calice (fix. méthode de McManus, coloration au Soudan noir B).

Fig. 18. — Élaïoplaste dans le calicule; dans les cellules on voit les X-corps.

Observations sur le vivant sauf fig. 16. Fig. 1—8 grossissm. env. 1310 ×, fig. 9—18 — env. 960 ×

Table I

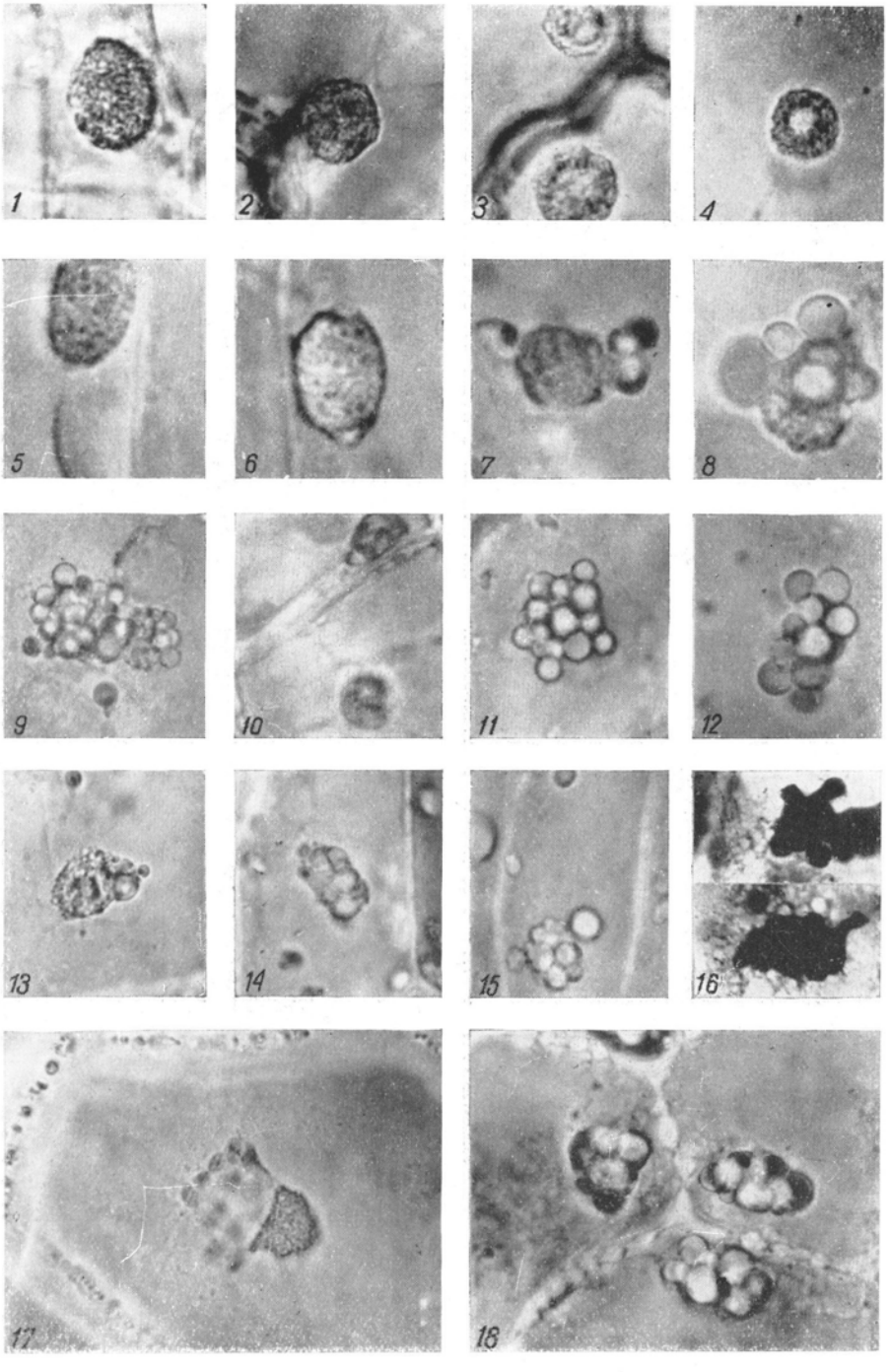
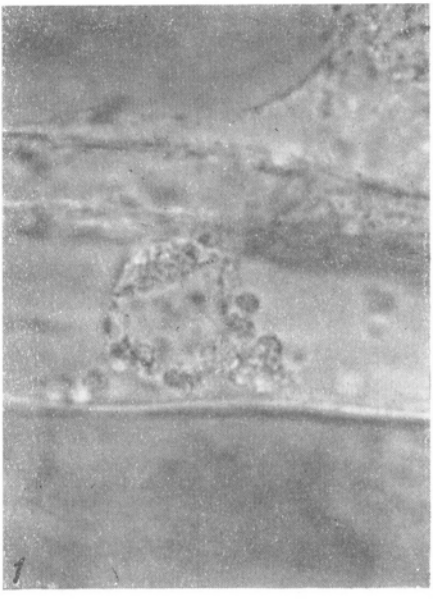
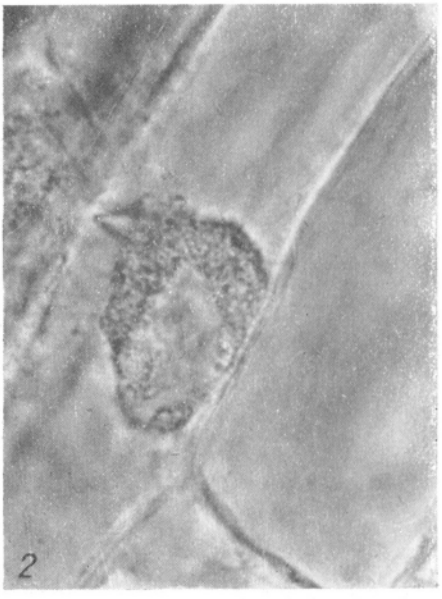


Table II





Tablica II

Elajoplasty w korzeniu i na pograniczu korzenia i hypokotylu

Fig. 1, 2 — Elajoplasty w strefie przejściowej pomiędzy korzeniem i hypokotylem. Fig. 1 elajoplasty tworzą okap miseczkowaty nad jądrem. Mniejsze skupienia ziarenek osmofilnych i plastydy ze skrobią otaczają jądro. Fig. 2. Do jądra przylega wielki elajoplast w kształcie podkowy, kontur jeszcze nie zaznaczony równą linią. Mniejsze grupy ziarniste przy jądrze jeszcze nie zlane z elajoplastem

Fig. 3, 4 — Korzeń. Płaskie elajoplasty nieregularnych kształtów, niektóre już odsunięte od jądra. Część w trakcie przechodzenia w formę kulistą.
Pow. ± 1500 ×

Table II

Élaïoplastes dans la racine et à la limite de la racine et de l'hypocotyle

Fig. 1, 2 — Élaïoplastes dans la zone intermédiaire entre la racine et l'hypocotyle Fig. 1 — élaïoplaste en forme de calotte adhère au noyau. Les amas plus petits de granulations osmiophiles et les plastides avec des grains d'amidon entourent le noyau. Fig. 2 — un grand élaïoplaste en forme de fer à cheval est accolé au bord du noyau, son contour est encore mal dessiné. D'autres groupes, plus petits, formés de granules, adhérent au noyau.

Fig. 3, 4 — Racine. Les élaïoplastes plats, de forme irrégulière, quelques uns se sont déjà éloignés du noyau, les autres sont en train de se transformer en corps sphériques.

Grossissm. env. 1500 ×

Tablica III

Powstawanie elajoplastów typu gron przez pęcznienie ziarenek osmofilnych

Fig. 1 — *Malva neglecta*. Wczesne stadium pęcznienia ziarenek. Drobne kuleczki w części środkowej elajoplastu, większe pęcherzyki z oznakami częściowego odmieszania

Fig. 2, 3, 4, 5 — *Althaea rosea*. Dalsze stadia, różne obrazy odmieszania się, na fig. 4 w części środkowej elajoplastu pozostałości ziarenek w 1, 2, a nawet 3 punktach pęcherzyków. Nieliczne ziarenka są nie zmienione

Fig. 6 — *Malva neglecta*. Formy kuliste elajoplastów przypominające owoce maliny

Fig. 7, 8 — *Althaea rosea*. Szparki w skórce kielicha. Zaczątki elajoplastów w postaci pęcherzyków z nielicznymi ziarenkami osmofilnymi

Fig. 9 — *A. rosea*. Obok elajoplastów drobne skupienia pęcherzykowate utworzone z kilku ziarenek

Fig. 10 — Elajoplast w kielichu (Nawaszin, kwaśna fuksyna)

Pow. ± 1310 ×

Table III

Transformation des élaïoplastes à structure granulaire en élaïoplastes du type grappu

Fig. 1 — *Malva neglecta*. Une phase précoce du gonflement des grains. Petites sphérules dans la partie médiane de l'élaïoplaste, les vésicules plus grandes montrent une „Entmischung" partielle.

Fig. 2, 3, 4, 5 — *Althaea rosea*. Phases suivantes, diverses images d'„Entmischung". Fig. 4 — dans la partie médiane de l'élaïoplaste, on voit quelques débris des grains adhérant aux parois des vésicules. Les grains, peu nombreux, à l'état non changé.

Fig. 6 — *Malva neglecta*. Les formes globuleuses des élaïoplastes ressemblant aux fruits des framboises.

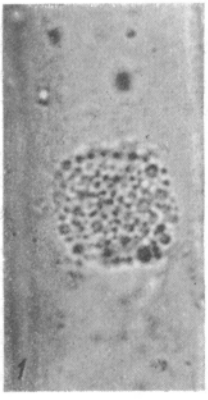
Fig. 7, 8 — *Althaea rosea*. Les stomates dans l'épiderme du calice. Les ébauches des élaïoplastes, représentés par des corps vésiculaires, renferment un petit nombre de grains osmiophiles.

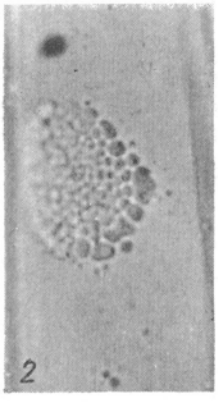
Fig. 9 — *A. rosea*. A côté des élaïoplastes des petits groupes formés de quelques grains.

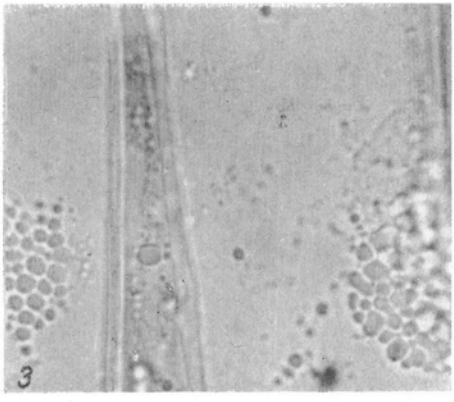
Fig. 10 — L'élaïoplaste dans le calice (liquide de Nawashine, fuchsine acide).

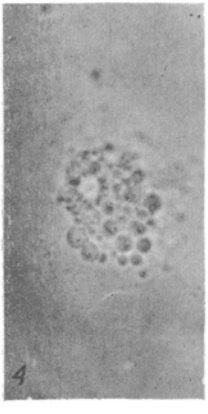
Grossissm. env. 1310 ×

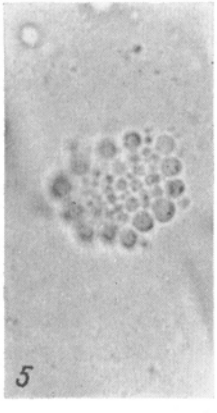
Table III

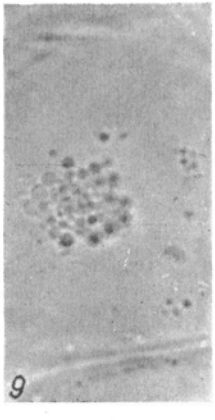


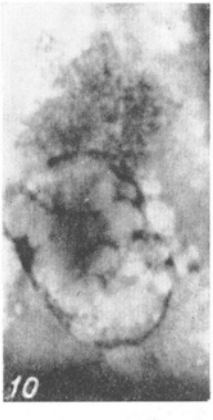












Tablica V

Rozpadanie się elajoplastów w żywych komórkach skórki

Fig. 1, 2 — *M. neglecta.* Kolejne stadia fragmentacji elajoplastu. Na fig. 2 oderwana część elajoplastu jest w stadium zaokrąglania się

Fig. 3, 4 — *Althaea rosea* i *M. neglecta.* Rozpadanie się elajoplastów

Fig. 5, 6 — *M. neglecta.* Ziarenka osmofilne i kuleczki tłuszczu pochodzące z rozpadania się elajoplastów.

Pow. ± 1500 ×

Table V

Désagrégation des élaïoplastes dans les cellules vivantes de l'épiderme des hypocotyles

Fig. 1, 2 — *M. neglecta.* Phases succesives de la fragmentation de l'élaïoplaste.

Fig. 2 — un fragment, détaché de l'élaïoplaste, est en train de s'arrondir.

Fig. 3, 4 — *Althaea rosea* et *M. neglecta.* La désagrégation des élaïoplastes.

Fig. 5, 6 — *M. neglecta.* Les grains osmiophiles et les globules graisseux qui résultent de la désagrégation des élaïoplastes sous l'action de l'acide performique.

Grossissm. env. 1500 ×

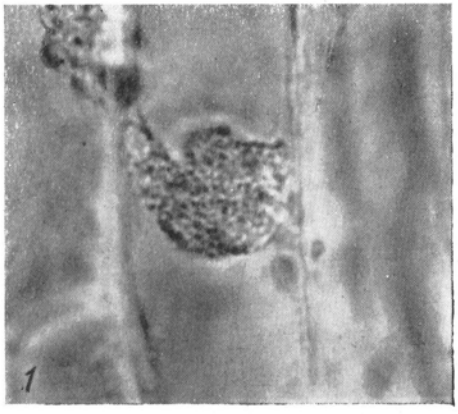
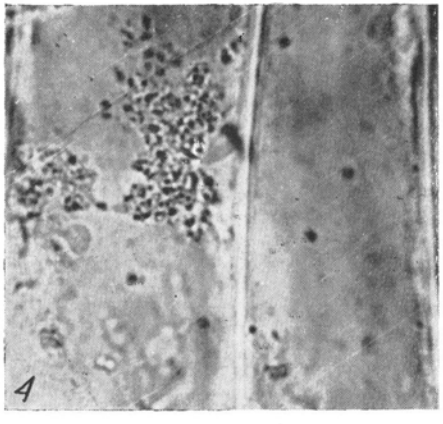
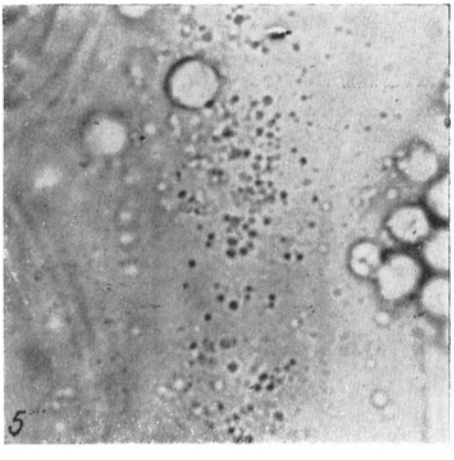
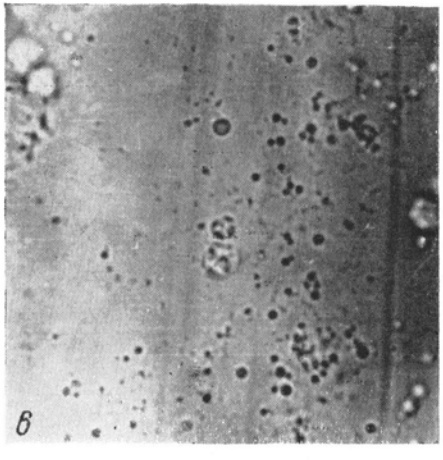



Table V