Z. WÓYCICKI

Zakład Botaniki Ogólnej Uniw. Warszawskiego.

(Wpłynęło 26.X.1934).

O KOMÓRKACH KRYSTAŁOWYCH I RAFIDOWYCH U *ASPIDISTRA ELATIOR*.

(Über die Raphiden-und Kristallzellen bei *Aspidistra elatior*).

W s t ę p.

Arthur Meyer, opisując wyniki swych badań nad komórkami rafidowemi u *Anthericum ramosum*, wyraźnie podkreśla, że wiadomości naszych, dotyczących rzeczonych komórek, w żadnym razie nie możemy uważać za wyczerpane. Główny zaś nacisk kładzie pomieniony autor na zagadnienia, dotyczące stosunku plazmy do kryształów w zupełnie starych komórkach, które to pytanie pomimo badań Kohla (1899) i własnych uważał za całkowicie nierozstrzygnięte¹⁾.

Starali się odpowiedzieć na nie Becker i Ziegenspeck (1931) w badaniach nad komórkami rafidowemi u *Anthurium* i *Cissus*. Zdaniem ich plazmatyczne przesła, na których zawieszone są wiązki kryształów, w ostatnich fazach rozwoju komórek rafidowych zanikają wraz z plazmą przyścienną i jądrem w niej spoczywającym²⁾.

¹⁾ Pisze on: „Vorzüglich müsste die Frage, ob die Raphidenbündel auch in ganz alten Zellen noch an Zytoplasmafäden aufgehängt sind, an gefärbten Mikrotomschnitten entschieden werden”. L. c., p. 379.

²⁾ L. c., p. 91.

Obaj autorowie są tego zdania, że pierwszą oznaką wyróżnicowywania się komórki rafidowej jest bardzo intensywna emisja z jąderka pewnych substancyj w postaci ziaren na teren jądra¹⁾. Później lub równocześnie z powyższem zjawiskiem następują zmiany w plazmie, prowadzące do tego, że nabiera ona charakteru bardzo regularnej siatki²⁾. Bezpośrednio po tem w plazmie występuje śluz, w którym wybuchowo powstają rafidy³⁾. Na ten fakt autorowie kładą specjalny nacisk mówiąc „Es sei aber noch einmal ausdrücklich betont, dass die Raphiden nicht „in unmittelbarer Kernnähe“ ihren Ursprung nehmen, sondern im Schleime“⁴⁾.

Jądro według Ziegenspecka i Beckera początkowo nie pozostaje w żadnej styczności ze śluzem i dopiero wówczas kontakt taki daje się zaobserwować, kiedy zostanie zużyta dzieląca je od siebie plazma⁵⁾.

W zakończeniu autorowie dodają, że brak ściśle określonego udziału jądra w tworzeniu wiązki rafidowej nie powinien nas dziwić, gdyż chodzi tu, ich zdaniem, o zjawisko prostej „unbelehten“, jak się wyrażają — krystalizacji w warunkach dotychczas jeszcze bliżej nam nieznanach⁶⁾.

Nieco inaczej wyglądają opisane stosunki w wynikach badań Robynsa (1928), który został przez Beckera i Ziegenspecka nawet w wykazie literatury pominięty.

Zdaniem Robynsa pierwszą oznakę tworzenia się w komórce kieszonki („poche“) rafidowej stanowi pojawienie się wakuoli; komórka taka powoli wzrasta, wydłuża się i jednocześnie wyłaniają się z wakuoli pierwsze kryształki szczawianu wapnia pod postacią wiązki rafidowej⁷⁾.

Co do jądra, to substancja jego, — jak twierdzi Robyns — stopniowo ulega rezorbcji, a dzieje się to w miarę zwiększania się liczby kryształów. Wreszcie w komórkach

1) L. c., p. 88.

2) L. c., p. 89.

3) Dosłownie brzmi to tak: „Die nächste Umgestaltung des Plasmakörpers zeigt sich in einer zentralen rundlichen oder ovalen Aufhellung (die als Schleim gedeutet wird), in welcher dann plötzlich die Raphiden zu sehen sind“. L. c., p. 90.

4) L. c., p. 90.

5) L. c., p. 90.

6) L. c., p. 93.

7) L. c., p. 178.

starych, w których otorbienie rafidowe jest już bardzo silnie rozwinięte, cytoplazma tworzy delikatny woreczek primordjalny, jądro zaś — wtłoczone w jeden z kątów komórki — stanowi zbiór ziaren, barwiących się słabo. Najbardziej interesującym zagadnieniem, poruszonem w pracy Robynsa była sprawa struktur, które autor określił terminem „ergastoplasme vrai”. Opisuje on je w postaci stref cytoplazmatycznych („taches ou zones cytoplasmatiques”), które w komórkach młodych ściśle przylegają do tworzącej się wakuoli¹⁾.

W komórkach starszych strefy rzeczzone są wykształcone znacznie silniej i występują na dwóch przeciwnych biegunach kieszeni rafidowej. Robyns podkreśla ponadto, że jedna z nich leży obok jądra i zwykle pozostaje z nim w ścisłym kontakcie²⁾. Za najlepszy utrwalacz uważa Robyns płyn Bendy (mitochondrialny, w którym strefy „ergastoplazmy istotnej” są zupełnie homogenne i nie wykazują żadnych widocznych struktur³⁾. Pod wpływem natomiast utrwalaczy, zawierających kwas octowy, strefy rzeczzone podlegają lamellizacji i przypominają wówczas to, co opisywano pod mianem ergastoplazmy⁴⁾.

Pod względem przeto sposobu i miejsca tworzenia się rafidów i Robyns i Ziegenspeck są o tyle zgodni, że obaj wbrew Kohlowi (1899) a częściowo i Meyerowi (1920) twierdzą, iż rafidy powstają w wakuoli, przyczem Ziegenspeck mówi wyraźnie o śluzie, Robyns zaś o „matière mucilagineuse”, która — w jego preparatach — ulegała rozpuszczeniu pod wpływem utrwalaczy. Rzeczzone strefy „ergastoplazmy istotnej” są, zdaniem Robynsa — niczem innym, jak tylko porcjami plazmy głębinowej zupełnie wyraźnie odgraniczonej i impregnowanej przez specyficzną substancję chemiczną, która decyduje o wzmożonym stopniu jej

¹⁾ W oryginale odpowiedni ustęp brzmi jak następuje: „...la tache cytoplasmatique apparaît toujours moulée sur la vacuole en formation, sans interposition de cytoplasme entre elle et la vacuole, de telle sorte qu'une portion de la surface de la tache prend part à la délimitation de la vacuole elle même”. L. c., p. 179.

²⁾ „Elles coiffent alors” — mówi Robyns — „la poche à raphides en deux pôles diamétralement opposés. De plus, l'une d'elle est située près du noyau et ordinairement en contact avec celui-ci”. L. c., p. 179.

³⁾ L. c., p. 180 i 187.

⁴⁾ L. c., p. 187.

gęstości i która przypuszczalnie pozostaje w pewnym określonym związku z wydzielniczą czynnością komórki rafidowej ¹⁾. W każdym razie charakteru jej nie można wytłumaczyć przez zmiany mniej lub więcej wyraźne chondriomu, gdyż w komórkach utrwalonych za pomocą utrwalaczy mitochondryalnych elementy chondriomu są rozproszone równomiernie po całej cytoplazmie ²⁾.

Obecność zaś ergastoplazmy, czy plazmy głębinowej (protoplasme basal), jak ją jeszcze inaczej nazywa Robyns, tłumaczy on tem, że przyjmuje ona czynny udział w tworzeniu rafidów ³⁾, sama zaś powstaje przy wybitnym współdziałaniu jądra ⁴⁾.

Z niniejszego zestawienia i rozbieżnych wniosków, przytoczonych powyżej autorów wynika, że pytania poruszone przez Meyera, Beckera i Ziegenspecka jako też przez Robynsa, wciąż jeszcze pozostają, jeśli nie całkowicie, to przynajmniej częściowo pod znakiem zapytania.

I. Rozkład komórek rafidowych i kryształowych w tkankach liści dolnych i organów kwiatowych *Aspidistra elatior*.

Aspidistra elatior należy do tych roślin, które analizowali Rothert i Zalenski (1899) z uwagi na występujące w niej „komórki kryształowe“ (Krystallzellen) ⁵⁾. Oba autorowie w swej niezwykle sumiennej pracy stwierdzili, że komórki rzeczzone występują w ogonku liściowym wraz z komórkami rafidowemi. Mamy je także i w blaszce liściowej, jako też w kłęczu i korzeniach. Zasługą obu wymie-

¹⁾ L. c., p. 188.

²⁾ L. c., p. 186.

³⁾ „Sa présence” — mówi on — „est en rapport avec la formation des raphides, à laquelle il participe d'une manière active”... L. c., p. 188.

⁴⁾ Według Robynsa: „...le noyau doit jouer un rôle important dans la formation de l'ergastoplasme vrai et probablement aussi dans le fonctionnement ultérieur de ce dernier”. L. c., p. 189.

⁵⁾ Cechy ich są następujące: 1) Kryształy w nich zawarte są to czterokątne pryzmy z bardzo swoiście wykształconemi końcami; 2) błona komórek jest skorkowaciała; 3) komórki są całkowicie lub prawie całkowicie wypełnione kryształami; 4) komórki takie są komórkami martwymi i prócz kryształu zawierają tylko powietrze i wreszcie 5) w większości wypadków każdy kryształ spoczywa w skorkowaciałej pochewce.

nionych badaczy jest dokładne określenie ich umiejscowienia w rzeczonych organach, jak również charakteru błon komórkowych i własności pochewek, otaczających kryształ. Poza tem Rothert wspólnie z Zaleńskim wskazali na to, że w komórkach kryształowych naogół biorąc występuje plazma i jądro normalnej budowy dopóty, dopóki ich błona nie uległa skorkowaceniu; w komórkach natomiast o błonie skorkowaciej „sichtbare Inhaltsreste“ w postaci „fett-oder wachsartigen Substanz“¹⁾ występują tylko wyjątkowo; do takich właśnie wyjątków należą komórki kryształowe w ogonkach liściowych u *Aspidistra*.

Nawiasem dodać należy, że — zdaniem Rotherta — „... scheinen lebende Krystallbehälter die Regel, abgestorbene die Ausnahme zu bilden“²⁾.

Ponieważ i Zaleński i Rothert pozostawili na uboczu sprawę występowania szczawianów wapnia w liściach zarówno dolnych, jako też w organach kwiatowych, przeto pozwałam sobie na tem miejscu przedewszystkiem te sprawy poruszyć.

W łuskowatych liściach dolnych w tym czasie, w którym otaczają one pochwiasto rozwijający się liść, rozmieszczenie szczawianów mniej więcej odpowiada temu, co znalazł Rothert w blaszkach liściowych. Mniej więcej — piszę dlatego, że komórki kryształowe występują nie tylko wzdłuż wiązek, „an den Sklerenchymbelegen“ — jak pisze Rothert, lecz i w miękiszu (liczącym 4—5 warstw) liścia wspólnie z rafidami. I jedno i drugie mogą tworzyć szeregi krótsze lub dłuższe. Należy też dodać, że komórki kryształowe najliczniej występują na granicy miękiszu zieleniowego i bezbarwnego brzegu liścia³⁾.

Dla zrozumienia stosunków panujących w kwiatach z konieczności muszę poświęcić parę słów opisowi tych organów, gdyż ani rycina Baillona (1876, p. 294), ani też przerobiona, jak sądzę, z niej rycina Lotsego (1911, p. 827, Fig. 569) nie odzwierciadlają rzeczywistego stanu rzeczy. Na rycinie Baillona zarówno jak i na ryc. Lotsego liście okwiatu

¹⁾ L. c., p. 40.

²⁾ L. c., p. 42.

³⁾ Rothert mówi, że co do komórek kryształowych, to u *Aspidistra* „... fehlen sie in den oberflächlichen Schichten“... L. c., p. 98.

mają brzeg w postaci grubej fałdy. Tymczasem, jak widać z ryciny 17 tabl. XIII, boki listków posiadają na swych brzegach od strony wewnętrznej specjalne listewki (ryc. 17B) tak dopasowane, że w zamkniętych kwiatach mieszczą się one po 2 w odpowiednich zatokach (ryc. 17D) parasolowatego znamienia. W zatoki te wchodzi oczywiście listwy dwóch sąsiednich listków okwiatu. Prócz listewek, będących w mowie, każdy liść posiada wzdłuż swej części brzusznej 2—3, rzadko więcej, fałdy (ryc. 17A), które odpowiadają tyłuż rynienkom (ryc. 17C) wypukłych części znamienia. Bardzo często listewki boczne dzielą się na część górną, która w otwartych kwiatach odchyła się nazewnątrz, i część dolną, przegiętą do wewnątrz. W ten sposób dopasowanie różnych części kwiatu w pączkach *Aspidistra elatior* w chwili wyrastania ich z pod ziemi na powierzchnię jest niezwykle szczelne.

Liczba przykwiatków, które Engler nazywa również liśćmi dolnymi¹⁾ bywa różna.

Rafidy zajmują w nich specjalne komórki, wyróżniające się swą wielkością i graniczące z obu stron bezpośrednio ze skórą. Brzeg listków jest od nich wolny, gdyż składa się tylko z 2 warstw komórek skórki. Najliczniejsze skupienia komórek rafidowych występują u nasady liści. Komórki rafidowe o różnym kierunku swej podłużnej osi posiadają wymiary niejednakowe (czasami przenoszą swą długością 4 szeregi komórek miąższu) i rafidy układają się w nich w pozycjach najrozmaitszych, choć przeważają położenia równoległe do podłużnej osi komórki.

W okrywach kwiatowych występują tylko, o ile się nie mylę, komórki rafidowe. Lokalizują się one przeważnie w fałdach listków okwiatu i w ich listewkach (p. rycina 181); fałdy te mają brzeg falisty, gdyż każda olbrzymia komórka rafidowa (lub ich skupienie) tworzy wraz z okrywającą ją skórą wyraźne wypiętrzenie (ryc. 15 tabl. XIII).

Czem wyżej szczytu listków tem fałdy na nich są słabsze i tem więcej jest w nich rafidów.

Później, w kwiatach już od dłuższego czasu otwartych,

¹⁾ Engler, A. (1888, Bd. II, Abt. 4) wyraża się w ten sposób „Blütenweig aus der Achsel eines Niederblattes, sehr verkürzt, mit einigen häutigen Niederbl.“. L. c., p. 82.

w miejscach, w których występowały komórki rafidowe grupowo, powstają duże luki reksygenowego pochodzenia.

Ryc. 181.

Szemat rozmieszczenia komórek kryształonośnych po stronie grzbietowej i brzusznej w liściach okwiatu w pobliżu ich szczytów.

Schema der Verteilung der Oxalatkristallzellen auf der dorsalen und ventralen Seite der Perigonblätter in der Nähe der Blattspitzen.

Na stronie grzbietowej (zewnątrznej) listków okwiatu rafidy również występują, lecz są tu one daleko rzadsze jak o tem świadczą przekroje zarówno poprzeczne (rycina w tekście) jak i podłużne. Dodać też należy, że na grzbiecie listków koncentrują się one przedewszystkiem w okolicach wolnych ich brzegów (rycina 181, litera c); głębiej zaś — w miększu — tworzą często w pobliżu wiązek sitkowo-naczyniowych krótsze lub dłuższe szeregi.

Bardzo również licznie występują komórki rafidowe wzdłuż kanału szyjkowego; w okolicy zaś znamion, pod pokładem włosków, tworzą one w miększu podskórnym bądź pasma (ryc. 16 tabl. XIII), bądź gromadne skupienia.

Ściany zalążni posiadają komórki rafidowe w znacznie mniejszej liczbie, występują one przeważnie w miększu, zwróconym ku zewnętrznej skórcie. W okrywach zalążków, zaopatrzonych w kutikulę, reagującą bardzo wydatnie z sudanem III, rafidy nie stanowią rzadkości, za którą muszą już uchodzić w woreczkach zalążkowych, gdzie obserwowała je zaledwie parę razy p. Gołaszewska. Co do pręcików, to zarówno bardzo krótkie ich nitki, jak i ściany pylników są od rafidów (za nielicznymi wyjątkami)¹⁾ zupełnie wolne — o ile

¹⁾ W tych wyjątkowych wypadkach rafidy lokalizowały się u podstawy nitek.

mogłem to stwierdzić na dość obfitym materiale, którym rozporządzałem.

II. Treść komórek kryształowych i rafidowych.

Rothert i Zalenski (1889) stwierdzili, że w komórkach kryształowych u *Aspidistra* dopóki ich błona nie uległa skorkowaceni — znajduje się plazma i jądro znacznych wymiarów i normalnej budowy¹⁾.

W komórkach zaś, w których błona już skorkowaciała, występują — zdaniem rzeczonych autorów — resztki plazmy w postaci zwakuolizowanej, błyszczącej, jak już wyżej wspominałem, substancji o charakterze tłuszczowym.

Analizując wszakże bliżej zarówno za życia, jako też i po utrwaleniu, komórki rafidowe i kryształowe w różnych organach u *Aspidistra* przekonałem się, że sprawa treści wymienionych komórek przedstawia się nieco inaczej.

A. BADANIA ZA ŻYCIA.

Za życia w młodych komórkach czy to kryształowych, czy to rafidowych — zgodnie z obserwacjami A. Meyera nad *Anthericum*, Beckera i Ziegenspecka (1931) nad *Cissus* i *Monstera* — występuje jednorodna prawie plazma z dość dużym jądrem o niewyraźniej strukturze. Nieco później charakter treści komórek rafidowych i komórek kryształowych zmienia się dość różnie; w pierwszych z nich poczynają — wraz z pojawieniem się wiązki rafidowej a nawet i wcześniej — występować wakuole, które mają to do siebie, że nie barwią się czerwienią neutralną i pozostają w ciągłym ruchu; bądź to powiększają się i zlewają się z sobą, bądź to dzielą się na wakuole drobniejsze. Jednocześnie z powyższem zjawiskiem wiązka rafidowa zmienia swe położenie, a i jądro nie pozostaje niezmiennie na swem pierwotnem stanowisku.

Z biegiem czasu w komórkach obu kategorii, a więc zarówno w kryształowych jak i rafidowych, zaczynają występować w plazmie błyszczące kropelki tłuszczu, których liczba powoli wzrasta. W komórkach kryształowych wreszcie wy-

¹⁾ L. c., p. 39—40.

pełniają one szczelnie teren plazmy. Kropelki te w komórkach kryształowych tak szybko płyną w strumieniach cyrkulującej zarodki, że sfotografować ich niepodobna. Materiał zaś utrwalony niezupełnie wiernie charakter ich oddaje, gdyż w trakcie utrwalania część ich zlewa się ze sobą, tworząc krople znacznie większe od tych, które występują w komórkach żywych.

Ten, niezwykle wartki ruch zarodki i zawieszonych w niej kropli tłuszczu, które ponadto wykonywują dość szybkie ruchy Browna, stanowi bardzo charakterystyczną cechę komórek kryształowych *Aspidistry*, cechę, która komórki rzeczono wyróżnia w sposób swoisty od komórek rafidowych wymienionej rośliny. W tych ostatnich bowiem ruchy zarodki są znacznie słabsze, a czasami trudne nawet do zauważenia.

Aby przeto charakter kropli tłuszczowych utrwalić na płycie fotograficznej w stanie możliwie niezmienionym powstrzymywaliśmy (z dr. Beckere m) ruch zarodki, wywołując wewnętrzne zakłócenie jej struktury przez naciśnięcie szkiełka pokrywkowego bądź igielką, bądź też obiektywem (ryc. 1 i 2 tab. XII).

Od kropli tłuszczowych wolny jest tylko brzeg protoplastu, a więc plazma przyścienna, stanowiąca bardzo wąskie pasemko. Co do kryształów, — to zgodnie z obserwacjami Rotherta — liczba i charakter ich bywają różne (ryc. 1 i 2 tabl. XII). Przeważają w tych organach, które analizowałem, formy ucięte na brzegach (ryc. 1 tab. XII) a więc takie jakie podaje np. Rothert na ryc. 30 jako typowe dla *Phormium tenax*. Nie brak wszakże, jak wskazuje ryc. 2 tab. XII, i takich komórek, w których występują kryształy w postaci dzidy, tak charakterystyczne dla ogółu *Liljowatych* (*Liliaceenform* Rotherta)¹⁾.

Po okresie wzmożonej produkcji tłuszczu zachowanie się treści komórek kryształowych i rafidowych jest odmienne. W komórkach bowiem kryształowych rzeczy ograniczają się do tego, że liczba kropli tłuszczu maleje i krople te zlewają się ze sobą i wreszcie po degeneracji plazmy tworzą czasami wokół kryształu rodzaj błyszczącej powłoki, reagującej bardzo intensywnie z sudanem III. Takie samo zachowanie się treści komórek kryształowych *Aspidistry*

¹⁾ L. c., p. 4 i fig. 17.

obserwowałem przy hodowli jej tkanek w kroplach wiszących. I w tych bowiem warunkach po paru dniach (3—5) następuje degeneracja, której przejawem jest przedewszystkiem zatrzymanie ruchu plazmy, poczem następuje zlewianie się drobnych kropelek tłuszczu w krople duże (ryc. 3 tab. XII).

Co do t. zw. „Hüllen der Krystalle“ Rotherta¹⁾, to w organach będących w mowie (a więc w liściach dolnych, przykwiatkach i organach kwiatowych), reakcje wskazane przez rzeczonego autora dają całkowicie negatywny rezultat; w ogonkach zaś liściowych sudan III i fuksyna amoniakalna dają reakcje barwne pod błoną cellulozową i wokół kryształu. Tu jednak możnaby uważać je raczej za odpowiednik płaszcza substancji tłuszczowej rozmazanej wokół kryształu w ostatnich fazach degeneracji treści komórkowej²⁾.

Przechodząc obecnie do komórek rafidowych należy odrązu podkreślić, że z chwilą wzmożonej produkcji tłuszczów zaczyna się wokół wiązki szczawianów wapnia wytwarzać to, co ja nazywam „otorbieniem“ śluzowem. Taki porządek procesów, będących w mowie, zgadza się całkowicie z twierdzeniem Hartwicha (1889), którego zdaniem „...entstehen die Raphiden... nicht im Schleim, sondern die Raphiden sind vor dem Schleim vorhanden“³⁾. W jak ścisłym związku ze sobą pozostają oba wymienione procesy, widać z ryciny 4 i 5 tab. XII. Na rycinie 5 mamy komórkę rafidową z liści dolnych *Aspidistra*, w której proces otorbienia wiązki rafidowej dopiero się rozpoczyna. Plazmę zapełnia tu masa kropli tłuszczowych, znakomicie reagujących z sudanem III. Takie same stosunki ilustruje nam rycina 4 tab. XII, o tyle od poprzedniej różna, że tutaj pod wpływem traktowania preparatu sudanem III na gorąco krople tłuszczowe częściowo pozlewały się ze sobą.

Reaktyw Millona wywołuje wprawdzie bardzo silny skurcz treści komórki rafidowej (ryc. 6 tab. XII), lecz uwy-

¹⁾ L. c., p. 35.

²⁾ Rothert mówi: „In welcher enger Beziehung bei unseren Zellen die Verkorkung zur Kristallbildung steht, zeigt die folgende Thatsache: Bei manchen Objekten, besonders bei *Phormium* und *Aspidistra*, finden sich nicht selten Längsreihen von Krystallzellen durch einzelne Zellen unterbrochen, welche... keine Krystalle enthalten; solche krystallfreie Zellen bleiben stets unverkorkt und lebend“.

³⁾ L. c., p. 581.

datnia doskonale przyścienny, cieniutki podkład plazmy, wolny od kropli tłuszczowych.

Skoro otorbienie śluzowe grubieje, liczba kropli tłuszczowych występujących na terenie plazmy maleje, jednak nie od razu w sposób wyraźny; raczej ilość plazmy zmniejsza się na konto produkowanego przez nią tłuszczu. To też przez czas pewien liczba kropli tłuszczu uderza swą obfitością (ryc. 7 tabl. XII)¹⁾ i dopiero pod koniec zmian, o których mowa, na terenie komórki rafidowej widzimy wiązkę kryształów szczawianu wapnia, otoczoną potężnem już otorbieniem śluzowem; poza niem znajdujemy zaledwie nikłe pasemko z resztkami kropli tłuszczu (ryc. 8 tabl. XII). Jest to moment, który bezpośrednio poprzedza podkreślone przez Rothertha tworzenie się „Suberinlamelle ...durch Umwandlung der inneren Schicht der Membran...”²⁾.

Oczywiście, że samo przez się rodzi się pytanie, w jakim stosunku pozostaje układ wakuolarny komórek rafidowych do procesów, będących w mowie. W odpowiedzi jedno tylko podkreślić mogę, a mianowicie fakt, że—skoro protoplast zaczyna produkować tłuszcze a następnie na ich koszt śluzowe otorbienie wokół wiązki rafidowej — układ wakuolarny stopniowo zanika a przynajmniej giną z widowni te wielkie wakuole, które w początkowych fazach rozwoju tak wyraźnie się zaznaczały.

Obserwacje przeto moje przemawiają wyraźnie na korzyść wniosków Hartwicha (1889), Kohla (1889), A. Meyera (1920) i Fr. Netolitzkyego (1929) co do tworzenia się rafidów w głębi plazmy, a tem samem stoją w wyraźnej sprzeczności z poglądami Robynsa (1926) i Ziegenspecka i Beckera (1931), według których, jak już wiemy ze wstępu, pierwotne zjawisko stanowi tworzenie się swoistej wakuoli³⁾, stanowiącej specyficzny teren wykrystalizowania się wiązki rafidowej.

Z powyższego przedstawienia przeze mnie sprawy wynika, że z chwilą, w której wiązkę rafidową zaczyna protoplast

¹⁾ Tu warto przypomnieć, że Fr. Kohl (1899) był zdania, że u *Orchis* „Das Material bei der Schleimbildung der Raphidenzellen... liefert in erster Linie die Stärke“... L. c., p. 281.

²⁾ L. c., p. 33.

³⁾ „Schleim“ według Ziegenspecka, „matière mucilagineuse“ Robynsa.

otaczać otorbieniem śluzowem, kontakt jej z plazmą najpierw częściowo, a później całkowicie zostaje przerwany. W komórkach, w których proces otorbienia został zakończony, plazmy bądź już nie ma, bądź istnieje jeszcze ona, ale tylko w postaci wyrodniejącego woreczka przyściennego. Wyrażnych przesł plazmatycznych, biegnących od niego ku wiązce poprzez miąższ otorbienia, w żadnych z organów *Aspidistra* przeze mnie badanych nie widziałem.

Zresztą mniemam, że i te, które tak dokładnie opisuje Kohl (1889), a wyraźnie rysuje N e m e c (1907), raczej zaliczyć należy do formacji nekrotycznych, znanych nam bliżej z badań Küstera (1932, 1933, 1934)¹⁾.

Wreszcie jeszcze jedna uwaga. Wśród komórek rafidowych czasami występują takie, w których w trakcie ich rozwoju krople tłuszczowe zjawiają się w bardzo małej liczbie. Zdaje mi się, że z powiedzianego wyżej wynika, iż w tego rodzaju wypadkach mamy do czynienia ze specyficznymi protoplastami, w których dla przyczyn bliżej nam nieznanych — tworzące się tłuszcze in statu nascendi schodzą z widowni, ulegając przemianie na śluz rafidowy.

B. BADANIA MATERJAŁU UTRWALONEGO.

Wszystkie organy badane in vivo były również utrwalane przeważnie metodami Flemminga (mocny), Lewitskiego, Pianese i Miłowidowa (dla Feulgena). Po utrwalaczach Flemminga i Lewitskiego skrawki różnej grubości od 5 μ do 10 μ i wyżej — w zależności od organu — były barwione hematoksyliną Heidenhaina²⁾ i podbarwiane zielenią jasną w olejku goździkowym. Przy badaniu komórek rafidowych i kryształowych w liściach dolnych i przykwiatkach oprócz skrawków mikrotomowych były używane skrawki, robione brzytwą od ręki, i te dawały doskonały materiał obserwacyjny.

¹⁾ Küster: „Die Protoplasmaablasen der *Caulerpa*“, 1932. „Die Plasmodien von *Codium*“, 1933. „Über Zellsaft, Protoplasma und Membran von *Bryopsis*“, 1934.

²⁾ Oczywiście pamiętać trzeba, że — zgodnie z uwagą Ziegenspecka i Beckera (1931, p. 87) kryształy szczawianu wapnia przy dłuższym bejcowaniu solami żelaza całkowicie się rozpuszczają.

Zagadnieniem, o którego rozstrzygnięcie przedewszystkiem w tym razie mi chodziło, było zachowanie się jądra, a więc sprawdzenie, czy i w jakim stopniu wykaże ono owo „Nukleolenabsplitterung“ Beckera i Ziegenspecka, tak charakterystyczne dla *Cissus* i *Monstera*¹⁾. Następnie zaś zależało mi na wyjaśnieniu charakteru owej „ergastoplasme vrai“ Robynsa, co do której analiza materiału żywego u *Aspidistra* żadnej pozytywnej nie dała odpowiedzi. Jeśli chodzi o pierwszą sprawę, to u *Aspidistra* ani w komórkach kryształowych, ani w komórkach rafidowych ze zjawiskiem obserwowanem przez Beckera i Ziegenspecka nie spotykałem się. Jądra komórek rzeczonych u *Aspidistra* wykazują przeważnie jedno jąderko i sieć — miejscami przerywaną — nici znacznie łatwiej ulegających odbarwieniu, aniżeli takie same elementy komórek nie tworzących rafidów. Ponadto materiał utrwalony wykazał na skrawkach rozmieszczenie wakuol w szczytach i u podnóża komórek kryształowych. A więc na ryc. 10 tab. XIII strumyki plazmy, obfitujące w krople tłuszczu, biegną promienisto (zupełnie jak na ryc. 14 Kohla) i rozgraniczają w ten sposób wakuole, które — jak już wyżej wspomniałem — nie barwią się za życia czerwienią obojętną, czem różnią się zasadniczo od wakuol sąsiednich komórek tkanki miękkiszowej. Rycina zaś 11 tab. XIII, o której jeszcze poniżej będzie mowa, wraz z ryc. 9 i 10 świadczy o tem, że obecność kropeł tłuszczu pozwala na orjentowanie się (oczywiście u *Aspidistra*) co do rozkładu komórek kryształowych i rafidowych w skrawkach, w których kryształy szczawianu wapnia uległy, jak wspomniałem rozpuszczeniu pod wpływem utrwalaczy (ryc. 9, 10, 11, 12 i 13 tab. XIII).

Powyżej przytoczone fotografie wykazują, mojem zdaniem, że ryciny 2 i 3 Robynsa z roku 1928 nie ilustrują wyłącznie charakteru chondriomu w komórkach peryblemy korzenia *Hyacinthus orientalis*, lecz stanowią niezbity dokument, że i u tej rośliny w komórkach rafidowych występują obficie związki tłuszczowe. Kwas bowiem osmowy niewątpliwie wyczerpił krople tłuszczu, które jeszcze bardziej uwydatniła hematoksylina Heidenhaina.

Co do owych stref, którym Robyns daje miano „ta-

¹⁾ R. Becker und H. Ziegenspeck, 1931.

ches d'ergastoplasme vrai" i które uważał za ..., „une différenciation fonctionnelle, qui constitue probablement un élément caractéristique et constant des cellules sécrétrices, tant animales que végétales“¹⁾, to u *Aspidistra* występują one miejscami i to przeważnie na biegunie komórki, przeciwnym jądro (ryc. 11 tabl. XIII). Strefy te po utrwalczu Lewitskiego i barwieniu hematoksyliną żelazową struktury specjalnej nie wykazują (ryc. 11 tabl. XIII); zgodnie więc z twierdzeniem Robynsa „Elles y sont parfaitement homogènes et sans structure visible...“²⁾. Z tego jednak, że występują tylko w komórkach rafidowych, posiadających otorbień śluzowy, a w komórkach kryształowych ich nie ma, wynikałoby raczej, że mamy tu do czynienia ze specyficznymi terenami protoplastu, w obrębie których odbywa się prawdopodobnie tworzenie śluzu kosztem tłuszczów. Można by się przeto zgodzić na określenie rzeczonyj strefy, jako na „tache d'ergastoplasme vrai“, lecz nie na uogólnienie Robynsa, że są to elementy charakterystyczne i stałe dla wszystkich komórek wydzielniczych, zarówno zwierzęcych, jak i roślinnych. Do narządów bowiem wydzielniczych należą przecież i komórki kryształowe.

Z analizy skrawków materiału utrwalonego, czy to mocnym płynem Flemminga, czy to Lewitskiego, i barwionych hematoksyliną żelazową okazało się, że wiązka rafidowa zwykle zawiera jeden większy kryształ szczawianu wapnia tego rodzaju, jakie występują we właściwych komórkach kryształowych³⁾. Zdaje się, że kryształy te rozpoczynają proces wydzielania przez komórkę szczawianu wapnia, że więc należy uważać je za inicjały krystalizacji. W preparatach, w których — skutkiem manipulacji utrwalań i barwienia — z wiązki rafidowej nie pozostało ani śladu lub tylko marne resztki, kryształy „wyjściowe“ zachowują się bardzo dobrze, czerniejąc przy zastosowaniu hematoksyliny Heidenhaina (ryc. 13 tab. XIII).

¹⁾ L. c., p. 189.

²⁾ L. c., p. 187.

³⁾ Mamy tu przeto coś podobnego, jak u *Amarantus*, u którego według Aleksandrowa i Timofiejewa (1926) druzzy ..., „von einer Menge kleiner, nadelförmiger Kriställchen umgeben sind“... (Netolitzky, 1929, p. 37).

III. Nieco szczegółów dotyczących otorbienia śluzowego w komórkach rafidowych u *Aspidistra*.

Molisch (1917), analizując komórki rafidowe u *Dracaena* i *Aletris* znalazł, że śluzowe otorbienie wiązki zachowuje się niejednakowo w stosunku do jod-jodkaljum. Pokład podblonny jest jednolity, podczas kiedy pokład głębinowy, otaczający bezpośrednio snopek kryształów zawiera „...zahlreiche, dicht nebeneinander liegende runde Körper, die sich rotbraun färben“¹⁾. Molisch sądzi, że są to utwory śluzowe „...vielleicht der Stärke oder dem Dextrin nahestehenden Körpers“²⁾. Podobna różnowarstwowość śluzu występuje również i w komórkach rafidowych u *Aspidistra*, tylko w odwrotnym nieco porządku. Skoro więc potraktujemy martwą już komórkę, a jeszcze lepiej tylko jej zawartość³⁾ jod-jodkalium w 80% alkoholu, wówczas po paru minutach występują w otorbieniu wyraźnie dwa pokłady.

Pokład wewnętrzny, bezpośrednio otaczający snopek rafidów, barwi się na kolor odczynnika, a więc nabiera intensywnego zabarwienia brązowego, podczas kiedy pokład zewnętrzny, znacznie grubszy, barwi się na kolor słomkowy. Po dłuższem działaniu rzeczzonego odczynnika śluz wewnętrzny pozostaje nadal jednorodny, podczas gdy w warstwie zewnętrznej występuje cała masa utworów zupełnie podobnych do tych, jakie opisał Molisch u *Dracaena Draco*. Płytki wszakże i tafelki o zarysach owalnych lub kolistych, tkwiące w śluzie komórek *Aspidistry*, nie mają charakteru jednorodnego, lecz ze swej strony ujawniają słabiej barwiące się od jod-jodkalium podłoże i krople, czy ziarenka w niem tkwiące takiego koloru, jak śluz otaczający bezpośrednio wiązkę. Podobnie zachowuje się otorbienie wiązki rafidowej u *Aspidistra* pod działaniem KOH na gorąco.

W komórce rafidowej po takim zabiegu widać (ryc. 14 tab. XIII) otorbienie śluzowe zróżnicowane (jak po działaniu J+JK w 80% alkoholu) na dwa pokłady: głębinowy (a) — jednorodny, przezroczysty i powierzchniowy (b) — ziarnisty.

¹⁾ Molisch, H. l. c., p. 237.

²⁾ Molisch, H. l. c., p. 241.

³⁾ Treść ta daje się łatwo wycisnąć ze skrawków podłużnych tkanki znamion. Wystarczy lekki nacisk igielką na szkiełko pokrywkowe, a otorbienie śluzowe wraz z wiązką rafidów wypływa do odczynnika.

W nim właśnie spoczywa utwór, który prawdopodobnie jest zwyrodniałem jądrem.

Mniemam, że i rycina Némeca, dotycząca komórek rafidowych u *Cissus Gongyloides*¹⁾ świadczy o czemś podobnem, choć przez autora inaczej jest interpretowana.

Skoro poddajemy działaniu 33% KOH (czy to na zimno, czy na gorąco) komórkę rafidową w okresie, w którym komórka jest żywą i poza otorbieniem posiada wyraźny pas plazmy z kroplami tłuszczu, to wówczas przedewszystkiem następuje zmydlenie resztek tłuszczu, tworzącego wraz z plazmą duże kule. A wówczas i z takiej komórki można otorbienie śluzowe z łatwością wycisnąć. Śluz ten wszakże jest jeszcze całkowicie jednorodny i dopiero dłuższe gotowanie w KOH, a następnie parogodzinne traktowanie czystą H₂O wywołuje wyraźne rozgraniczenie dwóch powyżej wymienionych jego warstw.

Wielokrotnie przerabiane reakcje²⁾ w celu zdania sobie sprawy z charakteru chemicznego obu pokładów przemawiają za tem, że i u *Aspidistra* mamy do czynienia ze śluzem pektynowym. Przynajmniej na to wskazują: powolne pęcznienie w H₂O, barwienie się za pomocą czerwieni Kongo (szczególniej pięknie po kąpieli w KOH) i koraliną (choć ta ostatnia nie reaguje tak wyraźnie, jak czerwień³⁾). Nigrozyna, błękit metylowy i ruten dają wręcz negatywne rezultaty. Dodać trzeba, że o ile czerwień neutralna wybarwia vitalnie tylko pewne części śluzu, występujące w postaci brył, płytek, czy utworów kolistych, o tyle błękit kresyłowaty wybarwia intensywnie nawskroś całą masę otorbienia śluzowego, nie hamując ruchu plazmy. W obu wypadkach po przeniesieniu preparatu do czystej wody zabarwienie znika już po 30 minutach. Próby hydrolizowania tłuszczu za pomocą HNO₃ w celu przeniesienia go na śluz — zawiodły. Zabieg ten jednak wykazał w b. wielu komórkach rozpad obu pokładów śluzu na utwory obserwowane przez Molischa u *Dracaena*. Przy zastosowaniu w tych wypadkach wodnego roztworu czerwieni Kongo barwiły się one bardzo intensywnie.

1) Némec B., 1930, l. c., p. 144.

2) Według Molischa (1913), H. Schneidera (1922) i Tunmanna (1913).

3) Cechy te znamionują t. zw. „Raphidenschleim“. Vide Schneider, p. 28 i Tunmann, p. 585.

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

1. Kryształy szczawianu wapnia u *Aspidistra* występują we wszystkich jej organach. Z pośród organów kwiatowych niezwykle obfitością rafidów charakteryzują się fałdy listków okwiatu (ryc. 15 tab. XIII oraz szemat w tekście) i znamiona słupka (ryc. 16 tab. XIII). W przecikach natomiast występują one w postaci wyjątków i to tylko u podstawy nitek. Do tych samych wyjątków zaliczyć należy snopki rafidowe w woreczku zalążkowym.

2. W listkach okwiatu na przekwitnięciu w miejscach, w których komórki rafidowe występują grupowo, tworzą się wielkie luki reksygenowego charakteru.

3. Komórki kryształowe, zarówno jak i komórki rafidowe zawierają u *Aspidistra* już od bardzo wczesnych momentów swego rozwoju tłuszcze w postaci drobnych kropelek (ryc. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 tab. XII i 9, 11, 11, 12 i 13 tab. XIII).

4. Krople te poruszają się niezwykle szybko unoszone prądami zarodzi; poza tem posiadają one własny ruch Brownowski. W komórkach „kryształowych” ruch ten w warunkach obserwacji utrzymuje się bardzo długo; w komórkach „rafidowych” tempo jego pozostaje w wyraźnym związku z wykształceniem się otorbienia śluzowego.

5. Proces zanikania tłuszczów i tworzenia otorbienia śluzowego pozostawać muszą w ścisłej od siebie zależności. Wskazuje na to wydatne zmniejszanie się liczby kropli tłuszczu w miarę zwiększania się otorbienia (ryc. 8 tab. XII). W tych wypadkach, w których — dla przyczyn bliżej nieznanych — tworzenie się otorbienia wokół snopka kryształów zostało zahamowane, tłuszcz gromadzi się w komórce rafidowej w niezwykle dużej ilości (ryc. 7 tab. XII). W komórkach „kryształowych”, gdzie otorbienia nie ma, tłuszcze pozostają wręcz do momentu ich zamierania; występują one w postaci rozlanych mas nawet w komórkach organów całkowicie zeschniętych.

6. Kryształy czy rafidy u *Aspidistra* tworzą się, zgodnie z obserwacjami Fr. Kohla, Hartwicha, A. Meyera i Netolitzky'ego, w głębi plazmy. Potem dopiero następuje otorbianie za pomocą śluzu produktu wydalinowego, za który uważać musimy — w wypadkach będących w mowie — kryształy szczawianu wapnia.

7. U *Aspidistra* żadnej morfologicznie wyrażonej emisji substancji jądrowej, czyli tego co Becker i Ziegenspeck nazywają „Körnchenabsplitterung“, nie widać (ryc. 9 tab. XIII).

8. „Taches d'ergastoplasme vrai” Robynsa z charakteru i położenia zgadzają się z tem, co się spotyka i w komórkach rafidowych u *Aspidistra* pod postacią specyficznych terenów protoplastu (ryc. 11 tab. XIII), w obrębie których najprawdopodobniej odbywa się tworzenie śluzu kosztem tłuszczów. Występowanie wszakże takich wyraźnych „taches d'ergastoplasme vrai“ nie stanowi bynajmniej—jak tego chce Robyns — cechy stałej wszystkich komórek wydzielniczych, zarówno roślinnych jak i zwierzęcych, brak ich bowiem w „komórkach kryształowych“ u *Aspidistra* (ryc. 1 i 2 tab. XII).

9. Wykształcona żywa komórka rafidowa u *Aspidistra* zawiera: subtelny plazmatyczny woreczek prymordialny z jądrem mniej więcej zdeorganizowanym, potężne otorbienie śluzowe (ryc. 8 tab. XII) i snopek kryształów, przeważnie kryjący w swem wnętrzu jeden większy kryształ inicjalny (ryc. 13 tab. XIII). Komórki rafidowe martwe (suberynizowane) pozbawione są nawet resztek woreczka plazmatycznego.

10. Otorbienie rafidowe składa się ze śluzów pektynowych, tworzących jak u *Dracaena* (Molisch, 1917) dwa wyraźne pokłady (ryc. 14 tab. II). Kiedy wszakże u *Dracaena* pokład wewnętrzny pod wpływem jod-jodkalium rozpada się na liczne koliste ciała, barwiące się na kolor czerwono-bronзовый, u *Aspidistra* proces ten odbywa się w warstwie zewnętrznej. W dodatku płytki i bryłki rzeczzone nie są, jak u *Dracaena*, jednorodne, lecz składają się z substancji zasadniczej (zabarwionej na kolor słomkowy) i licznych kropelek (koloru brązowego), dość równomiernie w niej rozsianych.

Objaśnienie tablic.

(Erklärung der Tafelabbildungen).

TABLICA (TAFEL) XII.

Ryc. (Fig.) 1. Komórka kryształowa z liścia dolnego *Aspidistra*. Komórka zawiera 3 kryształy, z których dwa są wyraźne, trzeci zlekka prześwituje. Liczne krople tłuszczu unieruchomione przez ucisk zarodzi.

Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.

Kristallzelle, aus einem Niederblatte von *Aspidistra* mit 3 Kristallen, von denen zwei scharf hervortreten, der dritte schwach durchschimmert. Zahlreiche Fettropfen, infolge Druckes auf das Protoplasma, lahmgelegt.

- Ryc. (Fig.) 2. Komórka kryształowa z liścia dolnego *Aspidistra*. Na zdjęciu widoczna tylko ta część, w której spoczywa pojedynczy kryształ szczawianu wapnia. Obok niego z prawej strony ryciny widać duże splaszczone jądro.

Kropłe tłuszczu wyraźne, gdyż ruch plazmy ustał na skutek nadgnięcia preparatu.

Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 8. $\times \pm 1020$.

Kristallzelle aus einem Niederblatte. Auf der Abb. bloss derjenige Teil der Zelle sichtbar, in welchem ein einzelnes Kalkoxalatkristall liegt. Daneben rechts der grosse, plattgedrückte Kern.

Fetttröpfchen deutlich, da deren Bewegung infolge Druckes lahmgelegt wurde.

- Ryc. (Fig.) 3. Komórka kryształowa z miększu liścia dolnego *Aspidistra* po trzydniowej hodowli w kropli wiszącej. Duże kropłe tłuszczu powstały na skutek zlewania się ze sobą drobnych kropelek pierwotnych.

Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.

Krystallzelle aus dem Parenchym eines Niederblattes nach dreitägiger Kultur im Hängetropfen. Die grossen Fetttröpfchen sind durch Verschmelzung der primären, kleinen Fetttröpfchen entstanden.

- Ryc. (Fig.) 4 i 5. Komórki rafidowe z liści dolnych *Aspidistra*. Otorbienie śluzowe jeszcze nikłe, warstwa plazmy natomiast gruba. W plazmie masa kropli tłuszczowych. Preparaty traktowane sudanem III.

Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.

Raphidenzellen aus Niederblättern von *Aspidistra*. Schleimhülle noch kaum ausgebildet, Plasmaschicht dagegen dick. Im Plasma eine Menge Fetttröpfchen. Präparat mit Sudan III behandelt.

- Ryc. (Fig.) 6. Komórka rafidowa z przykwiatka *Aspidistra*. Otorbienie śluzowe bardzo słabo rozwinięte. W grubym pokładzie plazmy masa kropli tłuszczowych. Brzeg silnie splazmolizowanego — pod wpływem reaktywu Millona — protoplastu ujawnia delikatne pasemko przysiciennej plazmy, wolnej od kropli tłuszczu.

Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.

Raphidenzelle aus einem Vorblatt von *Aspidistra*. Schleimhülle sehr schwach ausgebildet. In der dicken Plasmaschicht Fetttröpfchen massenhaft vertreten. Am Rande des — unter Einwirkung von Millon's Reagens — stark plasmolysierten Protoplasten dünner Streifen wandständigen, fettfreien Plasmas.

- Ryc. (Fig.) 7. Komórka kryształowa z przykwiatka *Aspidistra*. Plazma usilnie produkująca tłuszcze w trakeie wzrostu otorbienia śluzowego wokół wiązki rafidowej.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Kristallzelle aus einem Vorblatt von *Aspidistra*. Starke Fettproduktion seitens des Plasma im Laufe der wachsenden Schleimeinhüllung eines Raphidenbündels.
- Ryc. (Fig.) 8. Olbrzymie otorbienie śluzowe w komórce rafidowej liścia dolnego *Aspidistra*. Plazma w postaci wąskiego pasemka podobnego zawiera bardzo nieliczne krople tłuszczu.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Riesige Schleimhülle in einer Raphidenzelle aus einem Niederblatte von *Aspidistra*. Plasma in Gestalt eines dünnen, submembranen Streifens mit sehr spärlichen Fetttropfchen.

TABLICA (TAFEL) XIII.

- Ryc. (Fig.) 9. Komórka rafidowa z miękiszu ściany zalążni, utrwalonej metodą *Lewitskiego*. Jądro z jednym jąderkiem i przerywaną siecią chromatynową (ew. chromonemową).
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Raphidenzelle aus dem Parenchym der Fruchtknotenwand, fix. nach *Lewitsky*. Kern mit (einem) Kernchen und unterbrochenem Chromatinnetz.
- Ryc. (Fig.) 10. Komórka rafidowa z poprzecznego przekroju przez ścianę zalążni *Aspidistra*. Układ wakuol porozdzielanych promienisto biegnącymi strumykami plazmy, w których obficie występują tłuszcze. Utrwalacz *Lewitskiego*; barw. hematoksyliną *Heidenhaina*.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Raphidenzelle auf einem Querschnitt durch die Fruchtknotenwand von *Aspidistra*. Zwischen den Vacuolen strahlig verlaufende Protoplasmastränge mit zahlreichen Fetttropfchen. Fix. nach *Lewitsky*, gefärbt mit *Heidenhain's Hämatoxylin*.
- Ryc. (Fig.) 11. Komórka rafidowa z podłużnego przekroju przez ścianę zalążni *Aspidistra*. Środek komórki zajęty przez śluzowe otorbienie z wiązką rozpuszczonych rafidów. W *a* wysepka ciemnej zabarwionej homogennej zarodzi. Utrwalacz *Lewitskiego*; barw. hematoksyliną *Heidenhaina*.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Raphidenzelle auf einem Längsschnitt durch die Fruchtknotenwand von *Aspidistra*. Im Zellzentrum Schleimhülle mit Bündel aufgelöster Raphiden. Bei *a* — dunkelgefärbte homogene Plasmainsel. Fix. nach *Lewitsky*; gefärbt mit *Heidenhain's Hämatoxylin*.
- Ryc. (Fig.) 12. Szereg komórek kryształowych w tkance przykwiatka *Aspidistra*.
Obj. imm. Reich. $6. \times$ okul. Leitz 8. $\times \pm 350$.
Kristallzellen im Gewebe eines Vorblattes von *Aspidistra*.

- Ryc. (Fig.) 13. Komórka rafidowa z poprzecznego przekroju ściany załączni u *Aspidistra*. W głębi otorbienia śluzowego (bardzo słabo widocznego) spoczywają resztki igieł rafidowych i pojedynczy kryształ szczawianu wapnia wybarwiony hematoksyliną Heidenhaina. Utrwalacz Lewitskiego.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Raphidenzelle aus einem Qmerschnitt durch die Fruchtknotenwand von *Aspidistra*. Im Innern der kaum sichtbaren Schleimhülle Reste von Raphidennadeln und ein Kalkoxalatkrystall stark gefärbt mit Heidenhain's Hämatoxylin. Fixierung nach Lewitsky.
- Ryc. (Fig.) 14. Komórka rafidowa z liścia dolnego *Aspidistra* po gotowaniu w 33% KOH. Dwa wyraźne pokłady śluzowe: głębinowy -jednorodny i powierzchniowy-ziarnisty.
Obj. imm. Reich. $\frac{1}{18} \times$ okul. Leitz 5. $\times \pm 640$.
Raphidenzelle aus einem Niederblatte v. *Aspidistra* nach Aufkochen in 33% KOH. Zwei deutliche Schleimschichten: eine innere-homogene und eine äussere-körnige.
- Ryc. (Fig.) 15. *Aspidistra elatior*. Przekrój poprzeczny przez środkową część liścia okwiatu na wysokości znamienia. Wyraźne faliste fałdy z licznymi komórkami rafidowymi.
Obj. Reich. $6 \times$ okul. 5. $\times \pm 220$.
Qmerschnitt durch den Medianteil eines Perigonblattes von *Aspidistra* auf Narbenhöhe. Wellenförmige Falten mit zahlreichen Raphidenzellen.
- Ryc. (Fig.) 16. *Aspidistra elatior*. Przekrój podłużny przez słupek w okolicy znamienia. Liczne bardzo komórki rafidowe w tkance, leżącej pod pokładem włosków.
Obj. Reich. $6 \times$ okul. 5. $\times \pm 220$.
Längsschnitt durch Fruchtknoten von *Aspidistra* in Narbengegend. Zahlreiche Raphidenzellen im Parenchym unterhalb der Leitgewebe.
- Ryc. (Fig.) 17. Kwiat *Aspidistra elatior*. Wielkość naturalna.
A. — Fałdy środkowe na brzusznej stronie liści okwiatu;
B. — listwy boczne liści okwiatu;
C. — rynienki znamienia;
D. — zatoki w parasolowatym znamieniu.
Blüte von *Aspidistra elatior*; nat. Grösse.
A. — Medianfalten auf den Ventralseite der Perigonblätter.
B. — Seitenleisten auf den Perigonblättern.
C. — Narbenrinnen.
D. — Einbuchtungen in der schirmförmigen Narbe.

Literatura.

1. Baillon, M. H. 1876. Dictionnaire de Botanique, Paris.
2. Becker, R. u. Ziegenspeck, H. 1931. Bot. Archiv, **33**.
3. Engler, A. i Prantl, K. 1888. Die natürlichen Pflanzenfamilien, Leipzig, II T. 4 Abt.

4. Hartwich, C. 1889. Archiv der Pharmacie, **227**.
5. Kohl, Fr. G. 1899. Bot. Zentr. — Blatt, **79**.
6. Küster, E. 1929. Pathologie der Pflanzenzelle, Berlin.
7. — 1932. Protoplasma, **16**.
8. — 1933. Protoplasma, **19**.
9. — 1934. Ber. d. D. b. Gesell., **51**.
10. Lotsy, J. P. 1911. Vorträge über botanische Stammesgeschichte, Jena.
11. Meyer, A. 1920. Morphologische und physiologische Analyse der Zelle, Jena.
12. Molisch, H. 1913. Mikrochemie der Pflanze, Jena.
13. — 1916. Ber. d. D. b. Gesell., **34**.
14. — 1917. Sitzb. Akad. Wien. **126**, Abt. I.
15. Némec, B. 1907. Anatomie a Fisiologie Rostlin, Praha.
16. — 1930. Rostlinopis, Praha.
17. Netolitzky, Fr. 1929. Handb. d. Pflanzenanatomie, 3/1a, Lief. 25.
18. Robyns, W. 1928. La Cellule, **38**.
19. Rother, W. u. Zalenski, W. 1899. Bot. Zentbl., **80**.
20. Schneider, H. 1922. Bot. Mikrotechnik, Jena.
21. Tunmann, O. 1913. Pflanzenmikrochemie, Berlin.
22. Zalenski, W. 1896/7. Trudy Obszcz. Jestiestwoizpyt. Kazanskawo Uniw., **30**.

Zusammenfassung.

1. Kristalle von oxalsaurem Kalk (Kalkoxalat) treten bei *Aspidistra* in sämtlichen Organen auf. Von den Blütenorganen zeichnen sich insbesondere die Falten der Perigonblätter (Taf. XIII, Abb. 15; schem. Abb. im Texte) und die Fruchtknottennarben (Taf. XIII, Abb. 16) durch ungemein reichliche Anwesenheit von Raphiden aus. In den Staubgefässen dagegen treten Raphiden nur ausnahmsweise und dann bloss an der Basis der Filamente auf. Ebenso ausnahmsweise kommen Raphidenbündel im Embryosack vor.

2. Nach dem Verblühen bilden sich in den Perigonblättern an den Orten gruppenhafter Ausammlung von Raphidenzellen grosse Lücken rexigenen Charakters.

3. Sowohl die Kristallzellen wie die Raphidenzellen von *Aspidistra* enthalten bereits auf sehr frühem Entwicklungsstadium Fettsubstanzen in Form kleiner Tröpfchen (Abb. 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 Taf. XII und Abb. 9, 10, 11, 12 und 13 Taf. XIII).

4. Die Fetttröpfchen sind, von der Protoplasmaströmung getragen, in lebhafter Bewegung begriffen; sie weisen überdies eigene Brownsche Bewegung auf. In den Kristallzellen bleibt die Bewegung der Fetttröpfchen unter den Beobach-

tungsumständen sehr lange erhalten; in den Raphidenzellen steht das Tempo derselben in deutlichem Zusammenhange mit der Ausbildung der Schleimhülle.

5. Das Verschwinden der Fettsubstanzen und die Bildung der Schleimhülle dürfen strikt voneinander abhängig sein, wie die beträchtliche Verminderung der Fetttröpfchen mit dem Fortschreiten der Schleimhüllbildung beweist (Taf. XII, Abb. 8). Falls die Bildung der Schleimhülle rings um die Kristallbündel aus irgendwelchen, näher unbekannten Gründen, einer Hemmung unterliegt, sammeln sich die Fetttröpfchen in der Raphidenzelle in ungemein grosser Menge an (Taf. XII, Abb. 7). In den Kristallzellen, wo keine Schleimhülle gebildet wird, bleiben die Fettsubstanzen sogar bis zum Absterben der Zellen erhalten. Sie treten als lose Massen selbst in Zellen ganz eingetrockneter Organe auf.

6. Die Kristalle bzw. Raphiden bilden sich in Übereinstimmung mit den Beobachtungen von Fr. Kohl, Hartwich, A. Meyer und Netolitzky — im Plasmaintern. Erst nachher erfolgt die Umhüllung der Kalkoxalatkristalle — die im betreffenden Falle als Excrete betrachtet werden müssen — mittels Schleim.

7. Eine morphologisch gekennzeichnete Emission der Körnchensubstanz d. h. das, was Becker und Ziegenspeck als „Körnchenabsplitterung“ bezeichnen konnte bei *Aspidistra* nicht beobachtet werden. (Taf. XIII, Abb. 9).

8. Die Robyns'schen „Taches d'ergastoplasme vrai“ stimmen nach Charakter und Lage mit manchen spezifischen Protoplaststellen (Taf. XIII, Abb. 11) in den Raphidenzellen von *Aspidistra* überein, innerhalb deren wahrscheinlich die Bildung von Schleim auf Kosten der Fettsubstanzen stattfindet. Das Auftreten derartiger, scharf ausgebildeten „taches d'ergastoplasme vrai“ ist freilich nicht allen Sekretionszellen, den tierischen wie den pflanzlichen — wie Robyns annehmen möchte — eigen, da sie in den Kristallzellen von *Aspidistra* nicht vorkommen (Taf. XII, Abb. 1 — 2).

9. Eine ausgebildete, lebende Raphidenzelle von *Aspidistra* enthält folgende Bestandteile: eine dünne plasmatische Primordialschicht mit mehr oder weniger desorganisiertem Kern, eine riesige Schleimhülle und ein Kristallbündel, meistens mit einem grösseren Initialkristall im Innern (Taf. XIII,

Abb. 13). In toten (suberinisierten) Raphidenzellen sind selbst Reste des plasmatischen Inhalts nicht mehr vorhanden.

10. Die Raphidenhülle ist aus Pektinschleimen zusammengesetzt, die—wie bei *Dracaena* (Molisch, 1917)—in zwei deutlichen Schichten gelagert sind (Taf. XIII, Abb. 14). Während jedoch bei *Dracaena* die Innenschicht bei Einwirkung von Jodjodkalium in zahlreiche, rotbraun sich färbende, kreisförmige Körper auseinanderfällt, findet der erwähnte Prozess bei *Aspidistra* in der äusseren Schicht statt. Überdies sind die erwähnten kreisförmigen Plättchen nicht homogen, wie bei *Dracaena*, sondern aus einer strohgelb gefärbten Grundsubstanz und zahlreichen, ziemlich gleichmässig darin zerstreuten, braungefärbten Tröpfchen zusammengesetzt.

Institut f. allg. Botanik d. Univ. Warschau.